

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA FYZICKÉ GEOGRAFIE A GEOEKOLOGIE

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



Matouš Jaček

PROJEVY POVODNĚ V ČERVNU 2013 NA HORNÍ LUŽNICI

Manifestation of flood in June 2013, Upper Lužnice River

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Praha 2014

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 11. 8. 2014

Podpis:

Poděkování

Děkuji svému školiteli RNDr. Miroslavu Šobrovi, Ph.D. za cenné a odborné rady a připomínky při zpracování dat, za konzultace a za pomoc při měření v terénu. Dále děkuji rodině a přátelům za celkovou podporu a pomoc při psaní této práce.

Zadání bakalářské práce

Název práce

Projevy povodně v červnu 2013 na Horní Lužnici

Cíle práce

Rešerše odborné literatury na téma fluviálních jezer a povodní, zaměření vybraných jezer v oblasti horní Lužnice a posouzení vlivu povodně v červnu 2013 na tato jezera.

Použité pracovní metody, zájmové území, datové zdroje

Zájmové území této práce je povodí horní Lužnice. V rešeršní části bude shrnuta odborná literatura zabývající se problematikou fluviálních jezer a jejich vývojem a problematikou povodní a jejich vlivu na krajinu. Metodická část se bude zabývat zaměřením jezer v daném území, výpočtem jejich morfometrických charakteristik a vyhodnocením vlivu povodně v červnu 2013 na tato jezera, na základě porovnání s dřívějšími pracemi.

Datum zadání: 4. 12. 2013

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Student: Matouš Jaček

Abstrakt:

Tato práce se zabývá vývojem vybraných fluviálních jezer v povodí horní Lužnice, způsobeným hlavně povodní na jaře 2013. Toto území se nachází u státní hranice s Rakouskem. Řeka je v tomto úseku velice zachovaná, téměř bez zásahu lidské činnosti. Lužnice zde protéká údolní nivou, velmi výrazně meandruje a vyskytuje se zde také mnoho fluviálních jezer. Tato oblast je velmi vhodná pro pozorování rozlivů řeky a změn jimi způsobenými. První část práce je zaměřena na zpracování literatury o fluviálních jezerech, jejich vývoji a vlastnostech, o povodních a jejich vlivu na krajinu a o Lužnici samotné. Druhá část se pak zabývá změřením a zhodnocením změn na čtyřech vybraných jezerech. Tato jezera byla zmapována a zaměřena. Na základě měření byla jezera porovnána se stavem před povodní v červnu 2013.

Abstract:

This thesis is about progression of chosen fluvial lakes in the upper basin of the river Lužnice. Observed changes were mainly caused by flood in spring 2013. This area is located by national border with Austria. This part of the river is very preserve and almost without human modifications. The Lužnice river is floating throw floodplain creating meanders and also many fluvial lakes. This area is very useful for research in flooding and changes they cause. First part of this thesis is focused on work with literature about fluvial lakes, their changes and characteristic, about floods and their effect on landscape and about the river Lužnice itself. The second part is about measuring and evaluating changes on four fluvial lakes. These lakes were mapped and measured and those measuring were compared to the measuring made before flood in June 2013.

Obsah

1	Úvod	8
1.1	Cíle a struktura práce	9
2	Povodí horní Lužnice	10
2.1	Charakteristika povodí Lužnice	10
2.1.1	Horní Lužnice	12
2.2	Fyzicko-geografická charakteristika povodí	13
2.2.1	Geologická stavba	13
2.2.2	Geomorfologie území	14
2.2.3	Hydrologické poměry	14
2.2.4	Pedologické poměry	15
2.2.5	Klimatické podmínky	16
2.2.6	Biogeografické podmínky	16
3	Fluviální jezera	18
3.1.1	Meandry	20
3.1.2	Vývoj odškrčeného meandru	23
3.1.3	Vymezení říčních ramen a tůní	23
4	Vliv povodní na vodní tok	29
4.1	Povodně na Lužnici	32
4.2	Přírozené rozlivy v nivě Lužnice	33
4.2.1	Vybrané povodňové události	35
5	Metodika zpracování dat	37
6	Výsledky měření	39
7	Diskuze	45
8	Závěr	47
9	Seznam použité literatury a zdrojů	49
	Seznam map	53

Seznam obrázků	53
Seznam tabulek.....	53
Seznam grafů.....	54
Seznam příloh.....	54
Přílohy	55

1 Úvod

Jezera jsou tématem mnoha odborných prací nejen u nás, ale i ve světě. Jejich problematikou se zabývá mnoho vědních disciplín a oborů. Fluviální jezera jsou pouze jedním z mnoha typů jezer. Zájem o ně je v České republice poměrně značný, protože se zde jedná o druhý nejčastější typ vodních ploch vzniklých přirozenými procesy a jejich množství se u nás počítá v tisících. Mezi fluviální jezera se řadí veškeré vodní plochy vzniklé z vodních toků, nejčastěji vyhloubené tůně způsobené rozvodněným tokem nebo odškrcená ramena meandrů. Fluviální jezera se nejčastěji vyskytují na dolních tocích řek, v jejich nivách. Tyto oblasti často představují relativně nenarušené oblasti s přirozenými ekosystémy a společenstvy, proto mají velkou ekologickou hodnotu. Mají ale také důležitou hodnotu co se týká historického vývoje koryta řeky, vývoje nivy, změn hydrologického režimu, využití krajiny v prostředí toku a dalších vlastností. Význam fluviálních jezer je také spojován s protipovodňovou ochranou. Niva řeky společně se svými jezery má vliv na rozlivy toku a jejich dopad na další území.

Povodně totiž patří mezi největší přírodní hrozby, které se na našem území vyskytují. Svědky jejich ničivých následků jsme byli v posledních 20 letech několikrát. Mezi nejničivější povodně se zařadily události z let 1997 na Moravě a 2002 převážně v Čechách. Od té doby se však vyskytlo několik dalších povodní, menších, ale také se značnými škodami nejen na majetku, ale i v přírodě. Tyto menší povodně se vyskytly v letech 2006, 2007, 2010 a zatím poslední v roce 2013. Téměř všechny tyto události měly vliv na území nivy na horním toku Lužnice, na její vývoj a vývoj jezer v tomto území.

Povodí horní Lužnice se nachází na České straně hranic s Rakouskem a jedná se o velmi zachovalé území, téměř bez zásahu člověka. Nachází se zde přírodní rezervace Horní Lužnice, která tuto důležitost a zachovalost potvrzuje. Na jejím území se nalézají velké množství fluviálních jezer. Díky unikátní zachovalosti tohoto území je možné zde pozorovat a zkoumat vliv povodňových rozlivů v přirozené krajině. Právě z těchto důvodů je horní Lužnice častým cílem českých hydrologů, kteří zde pozorují vývoj celé nivy a co se zde odehrává v období při a po povodních, což je i tématem této práce.

1.1 Cíle a struktura práce

Tématem bakalářské práce jsou fluviální jezera v povodí horní Lužnice a vliv povodí na tato fluviální jezera. Cílem práce je seznámení se s problematikou a zpracování rešerše dostupné literatury o fluviálních jezerech a s problematikou povodní a jejich vlivu na dané území. Druhým cílem je pak zhodnocení vlivu povodně v červnu 2013 na vybraná fluviální jezera v nivě Lužnice a porovnání těchto změn se stavem před povodní na základě autorova měření s měřením Mgr. Petry Hastíkové (2012), které provedla v roce 2010.

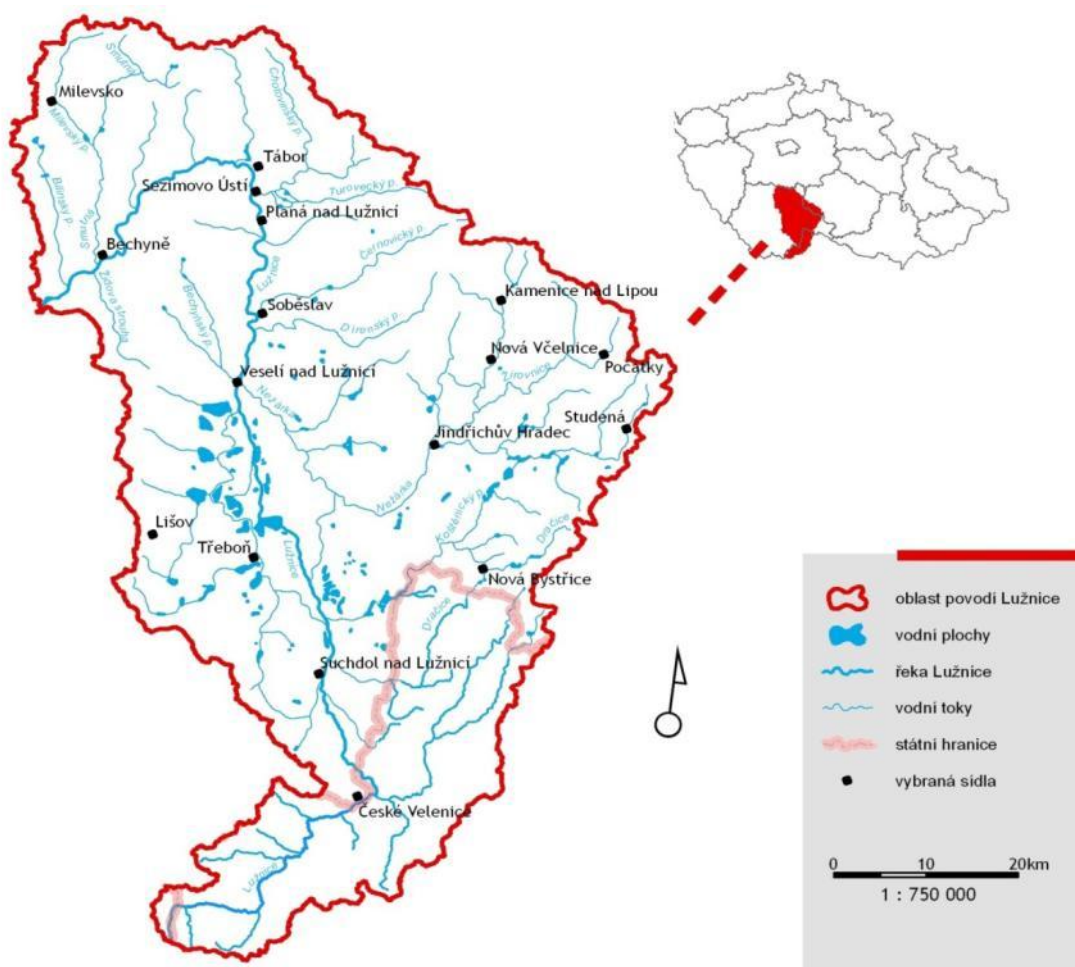
Práce je rozčleněna do šesti dílčích částí. V úvodu práce je nastíněna celková problematika, kterou se práce zabývá. V další části je pak popsána obecná charakteristika sledovaného území. Ve třetí a čtvrté části je popsána problematika jezer a povodní. Pátá část se poté věnuje samostatnému měření a zhodnocení vybraných jezer. Závěrečná, šestá část práce, představuje diskuzi výsledků.

2 Povodí horní Lužnice

2.1 Charakteristika povodí Lužnice

Řeka Lužnice, je největším pravostranným přítokem řeky Vltavy. Její povodí se rozkládá od nejsevernější části Dolního Rakouska, zvané Waldviertel, přes východní část Jihočeského kraje, kde se na 202,3 říčním kilometru vlévá do Vltavy. Jedná se také o největší pravostranný přítok Vltavy v Jihočeském kraji. Lužnice je podle absolutní řádovosti řekou III. řádu. Pramen Lužnice se nachází na Rakouské straně Novohradských hor, v nadmořské výšce 990 m (Chábera 1985). Během prvních pár kilometrů se řeka klikatí, teče i na České straně, ale rychle se stáčí do Rakouska, ze kterého se k nám natrvalo dostává až po více než 30 km toku u obce Krabonoš (Chábera 1998).

Mapa č. 1: Povodí Lužnice



Zdroj: Hastíková (2009)

Řeka dále teče směrem k severu přes Třeboňskou pánev, která se rozkládá v centrální části povodí a Lužnice je její přirozenou osou. Poté teče řeka Táborskou pahorkatinou, kde tvoří hluboká údolí. U obce Neznašov se po 208 km vlévá do Vltavy v nadmořské výšce 348 m (Bílek 1999). Z jihu je povodí vymezeno Novohradskými horami, jedinou hornatinou v celém povodí, na východě ohraničeno Českomoravskou vysočinou, na severu je od povodí Sázavy odděleno vrcholky Středočeské pahorkatiny a na západě vede povodí k povodí Malše a Vltavy podél Stropnického příkopu přes Lišovský práh až k ústí do Vltavy (Hastíková 2012).

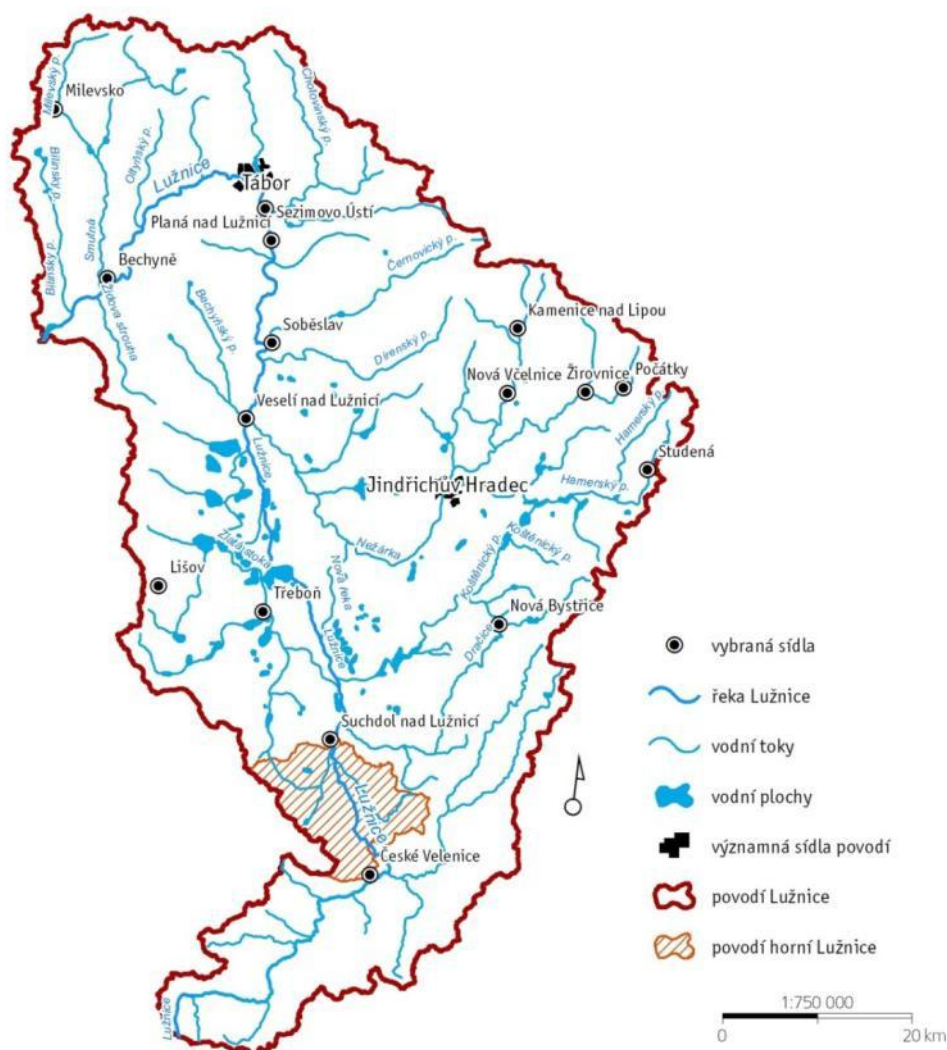
Rozloha povodí je 4226 km², z toho asi 3500 km² se nachází na našem území a zbytek v Rakousku. Tvar povodí je velmi asymetrický. Plocha levostranné části je téměř poloviční oproti pravostranné části. Této nerovnoměrnosti odpovídá i průměrná šířka levostranné a pravostranné části, která na pravé straně toku činí 20 – 46 km a na levé straně jen 12 – 20 km. Dalším faktorem vyplývajícím z této asymetrie je i poměr toků přitékajících do Lužnice, z pravé strany přitéká více a větších toků než ze strany levé. Tyto pravostranné přítoky zároveň přivádějí vodu z vlhčích a výše položených oblastí než přítoky na levé straně (Šimek 2008). Řeka překonává 642 výškových metrů (Svoboda 2011). Přímá vzdálenost od pramene k ústí je 71 km, poměr mezi přímou a skutečnou vzdáleností od pramene k ústí, křivolakost toku, tedy je 2,92. To znamená, že Lužnice je relativně křivolaká a v mnoha místech velmi meandrující. Průměrný sklon toku je asi 3 ‰. Teoretická střední šířka povodí, to je poměr mezi plochou povodí a délkou toku, činí u Lužnice 21,22 km, tedy mírně protáhlé. Hustota říční sítě je poměrně nízká, pouze 0,49 km/km² (Svoboda 2011). Koeficient protažení vodního toku (poměr střední šířky povodí k délce vodního toku) je 0,102 což Lužnici řadí ke spodní hranici protáhlého povodí (Šimek 2008).

Lužnice se vyznačuje velmi netypickým podélným profilem, jelikož oblast s nejširší nivou a nejmenším spádem se nenalézá na dolním toku, jak je běžné u většiny řek, ale na toku středním. Je to způsobeno paleogeografickým vývojem povodí (Šimek 2008). Povodí Lužnice leží na hranici hlavního Evropského rozvodí, respektive jižní a východní část jeho rozvodnice, mezi úmořím Severního a Černého moře. Povodí je značně asymetrické, pravá část povodí je asi 2x širší než část levá. Odpovídají tomu i převládající přítoky z pravé části povodí (Hastíková 2012).

2.1.1 Horní Lužnice

V povodí horní Lužnice se nachází hlavní zájmové území mé práce. Tento úsek začíná u česko-rakouských hranic, nedaleko Nové Vsi nad Lužnicí, a končí u Suchdolu nad Lužnicí. Délka je přibližně 16 km. Řeka zde protéká nivou a tvoří meandrující tok, jedná se o jeden z vůbec posledních zachovalých úseků nížinné meandrující řeky u nás (Albrecht a kol. 2003). Název horní Lužnice neodpovídá hydrologickému vymezení toku, protože se spíše jedná již o střední tok, řeka totiž již urazila asi 50 km na Rakouské straně. Současný název je pro tento úsek zažit již dlouho, což dokládá i vznik přírodní rezervace právě v těchto místech roku 1994 (AOPK ČR 2014).

Mapa č. 2: Povodí horní Lužnice v rámci celého povodí Lužnice



Zdroj: Hastíková (2012)

2.2 Fyzicko-geografická charakteristika povodí

Podrobným popisem této oblasti z fyzicko-geografického hlediska se zabývali ve svých pracích mnozí autoři přede mnou, například Rettichová (2007), Šimek (2008), Váňová (2008) či Hastíková (2012), proto zde uvedu pouze základní souhrnnou charakteristiku tohoto území.

2.2.1 Geologická stavba

Lužnice a celé její povodí se nachází v moldanubickém regionu v megastruktuře Českého masivu, v rámci pásma evropských hercynid. Větší část povodí je tvořena krystalinickým moldanubikem, které bylo ve střední části později překryto platformními sedimenty Třeboňské pánve (Albrecht a kol. 2003). Řeka zde protéká geologicky velmi rozmanitou krajinou. Na horním toku začíná v granitoidním plutonu centrálního moldanubika, dále pak protéká senonskými sedimenty ze svrchní křídly, kterými je tvořena Třeboňská pánev a které dosahují mocností kolem 100 m. Z důvodu kerného rozčlenění je jejich mocnost velmi proměnlivá, někde dosahuje i mocností 300 m (Chábera 1985).

V Třeboňské pánvi se dále objevují i neogenní sedimenty, převážně však v jihozápadní části dále od Lužnice. Kvartérní sedimenty jsou pak nejvýznamnější složkou v povodí horní Lužnice, kde jsou zastoupeny pleistocénní terasové uloženiny a holocénní povodňové hlíny (Chábera 1985).

Relikty teras jsou nejrozsáhleji vyvinuty v horní polovině středního toku až po vodoměrný profil Pilař (Hastíková 2012). Terasový systém zde vznikl v období středního pleistocénu, kdy zde vyniklo několik teras, které jsou však v dnešní době obtížně rozlišitelné. Dnešní nivu omezuje asi 5 metrů vysoký terasový stupeň vyvinutý v období würmu. Fluviální písky a štěrky, jsou zde nejvíce tvořeny risskou sedimentací různé mocnosti kolem 10 m (Albrecht a kol. 2003).

V oblasti Třeboňské pánve jsou také vyvinuta rašeliniště, která zde mají poměrně velké zastoupení v podobě přechodných rašelinišť, tzv. blat. Ta se vyvíjela od konce posledního glaciálu na místech s málo propustným terénem (Albrecht a kol. 2003).

2.2.2 Geomorfologie území

Do povodí Lužnice zasahují 2 geomorfologické subprovincie České vysočiny – subprovincie Šumavská a Českomoravská. Většina území, kromě pramenné oblasti Lužnice, leží v subprovincii Českomoravské (Balatka, Kalvoda 2006).

Geomorfologicky je zde zastoupeno několik typů reliéfu. Třeboňská pánev s rozlohou 1360 km² je plochou sníženinou, která má při okrajích a rozvodích mírně zvlněný reliéf. Je tektonického původu s akumulací výplní a erozně denudačním povrchem (Chábera 1998). Pod jednotku Třeboňské pánve patří akumulací roviny Lomnické pánve a Kardašověčická pahorkatina. Lomnická pánev je charakteristická plochým nebo místy mírně zvlněným reliéfem (Chábera 1998).

Další částí, s odlišnou geomorfologickou stavbou, je na východě povodí členitá Javořícká vrchovina. Ta je tvořena megaantiklinálou, která je porušena zlomy. Tato vrchovina sem zasahuje svým podcelkem, Novobystřickou vrchovinou, která je tvořena granitoidy centrálního moldanubického plutonu a pro kterou jsou charakteristické žulové elevace na vrcholech. Novobystřická vrchovina zasahuje až do Rakouska (Chábera 1998).

V severní části povodí se vyskytují pahorkatiny, další geomorfologický typ krajiny. Pahorkatiny se vyskytují i na okrajích Třeboňské pánve (Šimek 2008).

2.2.3 Hydrologické poměry

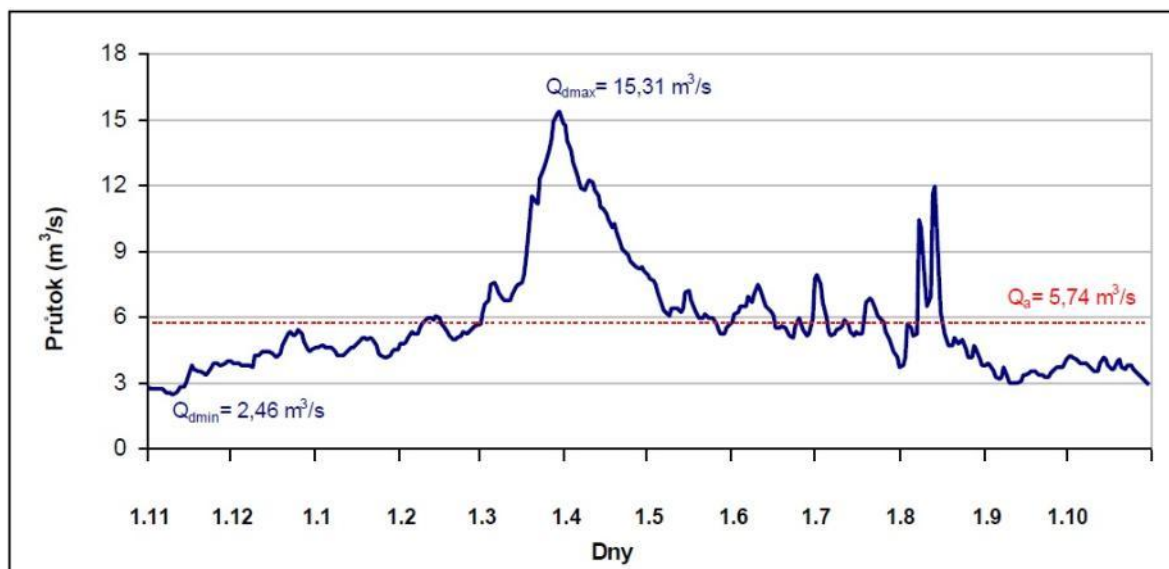
Řeka Lužnice, jako pravostranný přítok do Vltavy, je podle absolutní řádovosti řekou III. řádu. Celé její povodí lze charakterizovat jako povodí mírně protáhlé, což však neplatí o horní části toku, která je vějířovitého typu. Tento tvar závisí především na geologické stavbě. Tvar je také jedna z hlavních charakteristik chování odtoku při extrémních hydrologických událostech (Svoboda 2011). V oblasti horní Lužnice je řeka ve velmi zachovalém přirozeném stavu a tvoří zde meandrující pás, o čemž vypovídá i míra křivolakosti s hodnotou přibližně 2 (Hastíková 2012). Míra křivolakosti však může kolísat, jelikož v délce toku dochází k přirozeným změnám i regulačním úpravám (Svoboda 2011).

Území povodí Lužnice je také významné svou akumulací podzemních vod, a to obzvláště v Třeboňské pánvi. Podzemní oběh vody je zde vázán na terciární a kvartérní sedimenty. Kvartérní sedimenty v nivě Lužnice mají přímou souvislost s výškou hladiny (Šimek 2008).

Na grafu č. 1 je znázorněn chod průměrných denních průtoků na vodoměrném profilu Pilař, během celého roku. Z grafu lze vyčíst dvě výrazná maxima. První se nachází

na jaře, v období jarního tání sněhu a druhé, méně výrazné, se nachází v létě v období přívalových srážek. Červeně je pak znázorněn dlouhodobý denní průměrný průtok (Šimek 2008).

Graf. č. 1: Chod průměrných denních průtoků na profilu Pilař za období 1965 až 2010



Zdroj: Svoboda (2011)

2.2.4 Pedologické poměry

Vlastnosti půdního podloží se projevují působením na odtokový režim řeky, nejvíce tak působí textura a struktura půdy, její vlhkost, zvrstvení nebo také obsah humusu (Váňová 2008).

Vývoj půdního pokryvu byl velmi ovlivněn výškovou členitostí, klimatickými poměry a horninovým podložím. Půdní poměry v rámci povodí Lužnice jsou velmi rozmanité, jedná se o velmi heterogenní území, kde se vyskytují téměř všechny půdní druhy (Šimek 2008). V Třeboňské pánvi se vyskytuje nejvíce rozmanitých půdních jednotek z celé České republiky (Hastíková 2009).

Třeboňská pánev je také velmi rozsáhlou oblastí hydromorfních půd, převážně glejů, vázaných na nevápnité fluvialní sedimenty. Gleje se zde také prolínají s organozeměmi a pseudogleji. Zástupcem organozemí jsou zde rašelinné půdy, které vznikly v silně zavodněných depresích akumulací rostlinného materiálu. Podél vodních toků se zde dále vyskytují fluvizemě (Albrecht a kol. 2003).

Mezi další typy půd, vyskytující se v oblasti povodí Lužnice, jsou kambizemě. Ty se vyskytují v různých stupních pahorkatin a vrchovin. Specifické jsou kambizemě vytvořené na písčitých a štěrkopísčitých uloženinách v Třeboňské pánvi (Váňová 2008).

Dále se zde vyskytují podzolové půdy, a to hlavně v nižších polohách na štěrkopískových terasách. Stupeň podzolizace je zde velmi proměnlivý v závislosti na střídání písků a jílu v půdní matici (Chábera 1985).

2.2.5 Klimatické podmínky

Oblast povodí Lužnice se nachází v mírném klimatickém pásu střední Evropy. To je, spolu s geomorfologickou členitostí a expozicí terénu vůči západnímu proudění, určující pro místní klimatické podmínky. Nadmořská výška je další z charakteristik ovlivňujících klima. Teplotní rozdíly jsou zde způsobeny převážně nadmořskou výškou. Podle Atlasu podnebí Česka jsou v Třeboňské pánvi teploty nejvyšší, roční průměr je zde mezi 7,5 a 8 °C. V nadmořských výškách kolem 600 m klesá roční průměrná teplota na hodnotu 6,5 °C a v 1000 m na 4,5 °C.

Množství srážek je zde také ovlivněno nadmořskou výškou. Z toho vyplývá, že Třeboňská pánev je z této oblasti nejsušší, s průměrnými ročními srážkami odpovídajícími českému průměru, asi 650 mm. Směrem k jihu srážky stoupají a v její jižnější části povodí dosahují až 800 mm za rok (Chábera 1985). Roční průměr na celém území povodí Lužnice je kolem 690 mm, v úseku horní Lužnice je však hodnota vyšší, dosahující až k 750 mm za rok. Nejvíce srážek zde spadne v letním období (Šimek 2008).

Proudění vzduchu převládá ze západu, a to hlavně ve volné atmosféře, protože přízemní proudění je ovlivněno orografií. Například v Třeboňské pánvi dochází k mírnému odklonu k severozápadu. Zde je také průměrná rychlost větru nižší než v Novohradských horách. Místy se zde vyskytuje i jihovýchodní proudění, které přináší suchý vzduch (Albrecht a kol. 2003).

2.2.6 Biogeografické podmínky

Úsek horní Lužnice je z přírodního hlediska velmi ceněnou lokalitou. To mimo jiné dokazuje i přírodní rezervace vzniklá v tomto místě a také to, že se velká část povodí Lužnice nachází v CHKO Třeboňsko, jehož součástí je i PR Horní Lužnice. Původní vegetace je však v celém území jihočeských pánví narušena již z období 15. – 16. století, z důvodu vybudování vodohospodářských soustav (Rettichová 2007).

Velmi cenné jsou oblasti s rozsáhlými lesními porosty. Obzvláště významná je místní borovice lesní, nazývaná „třeboňská borovice“ a dále pak borovice blatka a borovice zkřížená. V lesích se dále nachází mohutné duby a lípy. Vegetačně bohaté jsou pak lužní lesy a olšiny. Na Třeboňsku se nachází i několik vzácných rozmanitých luk a rašelinných luk (Friedl a kol. 1991).

Složení zvířeny se za posledních několik století velice změnilo, některé druhy se nedokázaly přizpůsobit novým podmínkám a vyhynuly a byly nahrazeny druhy novými, lépe přizpůsobivými. Výskyt mnoha druhů zde souvisí s nadmořskou výškou, krajinným pokryvem a dalšími podmínkami (Albrecht in Chábera 1986). V oblasti Třeboňska žije velké množství živočišstva, hlavně ptáků, jelikož toto území je významnou křižovatkou na tahu ptáků (Hastíková 2009). Jsou zde zastoupeny běžné druhy savců, hlavně hlodavců, hmyzožravců, šelem a další. Ve vodních plochách na Třeboňsku se vyskytuje velké množství ryb a nejen těch běžných kaprovitých, ale i některé ohrožené druhy. Hmyz má zde nejpočetnější zastoupení a byly zde nalezeny i některé nové druhy (Friedl a kol. 1991).

Obr. č. 1: Letecký snímek jezer v PR Horní Lužnice



Zdroj: Jan Ševčík, www.sevcikphoto.com

3 Fluviální jezera

Vodní objekty, vyskytující se v krajině, se od sebe liší v mnoha aspektech, jako například velikostí, hloubkou nebo vznikem. Na základě těchto činitelů tak můžeme rozlišit člověkem uměle vytvořené přehradní nádrže či rybníky nebo přirozeně vzniklé tůně, jezera, kaluže a jiné útvary. S jejich definováním je to často velmi obtížné. To platí i pro definici jezer, pro kterou se vyskytuje mnoho podob vzniklých na základě jednotlivých vědních disciplín, které si definici uzpůsobily svým potřebám.

Nejvýstižnější definici jezera uvádí ve své práci Janský (2003), a to definici Forela (Forel 1901 in Janský a kol. 2003), který jezero definoval jako stojatou stagnující vodní hmotu, která se nachází v prohlubni zemského povrchu, na všech stranách uzavřené a nemající povrchové spojení s mořem. Základní předpoklady pro vznik jezera, jak uvádí Janský a Šobr (2003), tedy jsou existence prohlubně a její alespoň částečné naplnění vodou. Janský a Šobr (2003) také upravili definici jezera pro podmínky České republiky, protože je zde velmi málo jezer, které by přesně Forelovu definici splňovaly. Uvádí tedy, že „jezero je přírodní deprese na zemském povrchu nebo pod ním, trvale nebo dočasně vyplněná vodou, nemající bezprostřední spojení s mořem. Oproti rybníkům a malým vodním nádržím se jezera nedají jednoduchým způsobem vypustit.“

Forel (in Šobr 2007) také vymezuje jezera od menších vodních ploch podle toho, zda mají tak velkou hloubku, aby jejich dno nebylo ovlivňováno povrchovým vlněním a zda břehová vegetace nedosahuje na dno mimo litorální pásmo.

Vznik jezer je velmi závislý na místních podmínkách. Jezera se však nikde na světě nevyvíjejí naprosto identickým způsobem. I přes rozdílné podmínky mají jezera tendenci vznikat ve skupinách s podobnými vlastnostmi. Tyto skupiny pak tvoří jedinečné, ale komplexní systémy s geografickou a biologickou rozmanitostí (Hutchinson 1957).

Jezera se dělí do mnoha kategorií. Podle vzniku, jezera konstruktivní, destruktivní a obstruktivní nebo detailněji jezera vulkanická, tektonická, sesuvem hrazená, glaciální, krasová, fluviální, antropogenní a další (Šobr 2007). Dále se dají jezera rozlišovat podle chemického složení, teploty, rozsahu výměny vody v celém prostoru jezerní pánve, na základě přítoku a odtoku nebo podle objemu organických látek ve vodě.

Fluviální jezera jsou vzniklá působením vodních toků. Janský a kol. (2003) uvádí, že fluviální jezera jsou jezera mělká, intenzivně ovlivňovaná atmosférickými faktory, hydrodynamikou a vzájemným působením s bezprostředním okolím. Fluviální jezera se vyskytují podél mnoha řek na celém světě, převážně v jejich nivách na středních a dolních tocích, kde dochází ke zpomalení toku a sedimentaci přinášeného materiálu z vyšších oblastí toku. V těchto oblastech se řeky často rozlévají do říčních ramen a dochází k napřimování toku nebo také k tvorbě meandrů, zákrutů, které vytváří v nivě meandrový pás. Niva toku je podle Demka (Demek 1988 in Křížek 2006) definována jako akumulární rovina podél vodního toku, která je tvořena nekonsolidovanými sedimenty přenesenými a usazenými tímto vodním tokem. Tyto sedimenty jsou částečně propustné a jsou tak hydrologicky spojeny s korytem řeky (Wetzel 2001). Při povodních bývá niva zpravidla částečně či celá zaplavována. Díky sedimentaci a erozi v nivě je podporován meandrující proces toků. Fluviální jezera jsou často ovlivněna nejen nadzemní, ale i podzemní vodou. Ta však musí mít hladinu položenou výše než je dno jezera, jelikož to je velmi často tvořeno málo propustnými sedimenty, což částečně zamezuje spodní vodě pronikat do jezerní pánve (Wetzel 2001).

Podle Hutchinsona (1957) existují čtyři skupiny jezer vzniklých fluviální činností. První skupinou jsou jezera vzniklá erozní činností. Tato jezera vznikají v místech, kde vodopád vytvořil prohlubeň a po vyschnutí nebo přeložení toku řeky zde zůstala voda právě v podobě jezera. Jezera vzniklá akumulární činností toku jsou dalším typem. Vznik těchto jezer je způsoben, když se řeka zahradí sedimenty, které s sebou unáší nebo které unáší vedlejší tok a zahradí tak tok hlavní. Hutchinson (1957) vymezuje čtyři samostatné typy jezer vzniklé akumulární činností. Deltová jezera jsou pak dalším samostatným typem. Ta vznikají v deltách velkých řek, díky náhlému zpomalení rychlosti proudění a ztrátě unášecí schopnosti, což způsobuje usazení unášeného sedimentu a vytvoření náspů oválných tvarů, ve kterých se zadržuje voda. Autor také uvádí, že většina světových veletoků má ve své deltě taková jezera. Posledním typem jsou jezera v říční nivě, která vznikají erozní nebo akumulární činností řek. Tato jezera patří mezi nejčastější fluviální jezera (Hutchinson 1957) a jejich podrobnějším popisem se zabývám v dalších kapitolách.

V České republice má většina toků meandrující říční vzor (Demek 2003 in Havlíková 2011), a také proto jsou fluviální jezera nejrozšířenějším typem jezer na našem

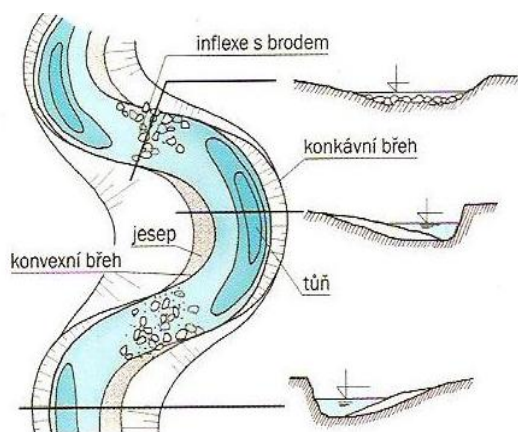
území, a to zejména podél větších vodních toků jako je například Labe, Morava, Dyje, Odra, Lužnice nebo Orlice (Hastíková 2009).

3.1.1 Meandry

Meandry v nivě vznikají díky erozní a akumulární činnosti toku, která závisí na rychlosti proudící vody, charakteru pohybu vody a velikosti a charakteru unášeného materiálu. Vznik meandru je rovněž podmíněn energií proudění a zároveň i materiálem, kterým se tok prořezává a jeho odolností nebo také charakterem sklonu a průběhu koryta. Nemá-li tok dostatečnou energii, což je způsobeno nízkým podélným sklonem toku, dochází k výraznému zvlnění trasy toku (Netopil 1984). Řeky mají tendenci proudit s co nejrovnoměrněji rozloženým sklonem toku, proto postupem času vytvářejí meandry, které mnohem lépe zajišťují rovnoměrný sklon a rozložení energie než přímé toky (Wetzel 2001).

Díky nižší rychlosti toku dochází ke střídání akumulární a erozní činnosti. Meandr je tvořen dvěma typy břehu, břehem jesepním (konkávním) a břehem výsepním (konvexním). Jesepní, nebo také akumulární břeh, je část meandru, ve které je rychlost proudění toku menší a dochází zde k usazování materiálu a posunu břehu dovnitř oblouku meandru. Výsepní, nárazový břeh, představuje v meandru tu část, kde řeka působí svým prouděním na koryto a břeh je zde vystaven mnohem intenzivnější erozi a dochází zde k posunu zákrutu dále od původního toku (Netopil 1984). Meandry se také posunují směrem dále po toku.

Obr. č. 2: Vývoj meandru



Zdroj: Just a kol. (2005)

Typy meandrů je možno rozdělovat podle tvaru, sklonu, materiálu dna nebo unášeného materiálu. Podle těchto vlastností se vymezují čtyři typy meandrů (Wetzel 2001). Křivolaké meandry se tvoří v širších údolích s mírným podélným sklonem a jemnozrnným materiálem. Některé části toku zde probíhají až do protisměru. Klikaté meandry jsou podobné křivolakým, avšak neprobíhají do protisměru. Dalším typem jsou meandry omezené. Ty se vyskytují v úzkých nivách, kde je střední nebo větší podélný sklon. Koryto probíhá těsně mezi jednotlivými svahy. Putující meandry jsou posledním typem. Nacházejí se v nivách s větším sklonem a hrubším materiálem (Gordon 1998 in Hastíková 2012).

Další rozdělení meandrů lze provést na základě stability a následného vývoje. Takto je možné vymezit dva typy meandrů. Meandry zaklesnuté, které se tvoří v místech hlubokých údolí vodních toků, zaklesnuté v odolných horninách, kde řeka nemůže snadno přemísťovat své koryto a pouze se zařezává hlouběji. Druhým typem jsou meandry volné, které se na rozdíl od zaklesnutých, tvoří v místech s málo zpevněným materiálem, převážně na dolních a středních tocích řek. Tento materiál zpomaluje tok řeky a její unášecí schopnost, díky čemu se zde materiál ukládá. Tento typ meandru je oproti prvnímu charakteristický svou proměnlivostí a častým překládáním v nivě po směru toku řeky (Netopil 1984).

Během vývoje meandrů dochází k postupnému ztenčování v nejužším místě a jejich následnému odškrcení nebo prořezání výmolového koryta, které se pak stane hlavním tokem. Takto oddělený meandr vytvoří mrtvé rameno, které zůstává mimo hlavní tok a vzniká tak fluviální jezero. Ve většině údolních niv jsou tyto opuštěné meandry velmi běžné (Wetzel 2001). K oddělení meandru může také dojít v důsledku antropogenní činnosti, při umělém napřimování koryta řeky. Oddělená ramena jsou většinou protáhlého a prohnutého tvaru. Jejich délka je nejčastěji několikanásobně větší než jejich šířka, kopírují tak původní průběh koryta (Janský a kol. 2003). Střídavým tvořením a odškrcováním vznikají v širokých nivách meandrové pásy. Pokud je podloží tvořeno sypkými sedimenty vytvoří se zde meandry volné, které svou polohu velmi rychle mění, a to obzvláště při povodňových situacích. Pokud ovšem tvoří podloží pevné horniny, tak dochází k tvorbě meandrů zakleslých, které jsou stabilnější a svoji polohu téměř nemění.

Díky meandrující schopnosti toku se údolí rozšiřuje a klesá jeho podélný sklon, protože se koryto toku prodlužuje (Netopil 1984).

Při oddělení meandru dochází k náhlým změnám v toku, hlavně k prudkému zvýšení sklonu a silné erozi pod protrženým meandrem nebo k protržení dalšího meandru směrem po proudu. Při povodňových situacích může docházet i k mnohonásobnému protržení meandrů a vzniku mnoha jezer najednou. Odškracené meandry mohou vznikat i následkem lidské činnosti, a to například při narovnávání toku řek.

Meandrový pás má své specifické vlastnosti, charakteristické pro všechny meandrové pásy. Šířka těchto pásů bývá nejčastěji 10 až 14 násobkem šířky samostatného koryta, zatímco poloměr meandrových oblouků odpovídá 2 až 3 násobku šířky koryta. Oblouk bývá od následujícího brodu vzdálen na dálku odpovídající 5 až 7 násobku koryta. Všechny tyto vlastnosti byly určeny na základě výzkumů Justa a kol. (2005), který také zjistil, že trasa řeky závisí na místních specifických podmínkách a nedá se jednoznačně určit vztah umožňující geomorfologickou klasifikaci toků.

Zánik jezer je další z procesů, které v nivě probíhají. Dochází k němu hlavně díky postupnému naplavování materiálu, zarůstání vegetací nebo antropogenní činností. Rychlost zanášení fluviálních jezer závisí na jejich poloze vůči sedimentaci, na množství sedimentu přineseného při povodni, morfometrických parametrech a také na napojení na hlavní tok. Jezera průtočná jsou zanášena nejpomaleji, protože je z nich část materiálu odnášena, pokud však dojde k přerušení průtoku, rychlost sedimentace vzroste (Bauerová 1977 in Havlíková 2011). Při zvýšené sedimentaci dochází v jezerech také k rozvoji vegetace, což dále urychluje proces sedimentace. S úbytkem vodní plochy, z důvodu sedimentace a zarůstání, se z fluviálních jezer mění na jezera organogenního typu a postupně se tímto procesem přeměňují až na slatiny (Janský a kol. 2003). Na zánik jezer má vliv i povodeň, která s sebou přináší spoustu materiálu. Nejvíce jsou zanášena jezera, která leží mimo hlavní proud povodně. Jezera na hlavním proudu povodně jsou naopak vyplavována a proces zániku je tak zpomalen (Havlíková 2011). Nejrychlejší způsob zániku je zavezení jezera. V nivách s přírodním a nenarušeným prostředím s pravidelnou inundací však celková plocha toku i jezer zůstává zachována (Šobr a kol. 2012).

3.1.2 Vývoj odškrceného meandru

Po odškrcení meandru dochází k velkým geomorfologickým změnám v jeho korytě. Máčka (2011) pozoroval ve své práci meandr Moravy, který byl odškrcen při povodni v roce 2006. Ihned po odškrcení od hlavního toku se meandr začal zanášet naplavovaným sedimentem. Ten se nejprve začal usazovat u vtokové a výtokové části meandru, kde se vytvořily aluviální zátky, které znemožnili toku ovlivňovat prostor v meandru. Mocnost sedimentů naplavených po odškrcení se v době měření pohybovala v jednotkách metrů, což ovšem vždy záleží na velikosti a unášecí síle daného toku. Díky existenci těchto zátek Máčka (2011) odvodil, že voda při povodních natéká do opuštěného meandru z obou stran. Další podstatnou změnou, která po odškrcení probíhá, je změna morfologie břehů koryta, z důvodu změn působení některých geomorfologických procesů. Po odškrcení meandru přestala v jeho korytě proudit voda z toku a výsepní břeh tak přestal být erodován a více se zde mohly projevit svahové procesy. Břeh začal postupně ustupovat a materiál z něho klesl na dno koryta. U jesepního břehu se však vývoj nezastavil, pouze zpomalil. Materiál je k němu totiž naplavován stále, ale pouze za povodní. V důsledku těchto změn se koryto zužuje. Hodnoty sklonu konkávního břehu mají podle Máčky (2011) u aktivního meandru asi o jednu třetinu větší rozptyl než u meandru odškrceného. Sклон břehu také závisí na materiálu, ze kterého se skládá a na vnitřním tření tohoto materiálu.

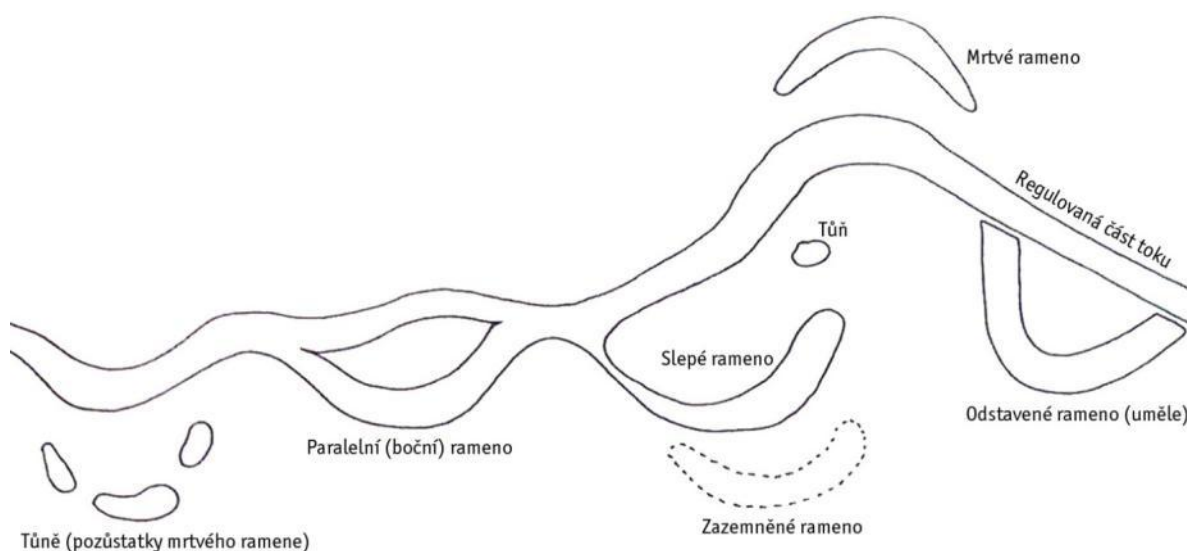
3.1.3 Vymezení říčních ramen a tůní

Typologie a terminologie vodních ploch, vzniklých činností řek, je velmi složitá. Může se jednat o jezera, tůně, mrtvá či odstavená ramena, močály nebo nádrže uměle vytvořené. Vlastnosti a funkce jednotlivých vodních ploch závisí na mnoha faktorech, jako je velikost, stáří, způsob vzniku, stupeň spojitosti s mateřským tokem a mnoho dalších.

Pojmenování vodních ploch není vždy jednoduché, protože často může docházet k zaměňování, změně způsobené špatným překladem a často je i nejasný způsob jejich vzniku (Hastíková 2012). Proto také Husák a Květ (2000) vytvořili názvosloví, ve kterém vyčlenili dva základní, nejčastěji používané pojmy. Prvním z pojmů je říční rameno. Říční rameno je současnou nebo bývalou částí vodního toku, bývá protáhlého tvaru a jeho délka může být až několikrát větší než jeho šířka. Říční ramena mohou být buď mrtvá neboli stará ramena, která jsou od toku již zcela oddělena, a voda v nich proudí jen za povodní. Ta mohou dosahovat i značných rozměrů, ramena funkční, paralelní, která jsou stále součástí toku a voda v nich proudí i za běžného vodního stavu, nebo ramena slepá, která jsou

s tokem spojena pouze jedním koncem. Druhým pojmem je pak tůň, která je charakterizována jako přirozená menší vodní nádrž do 100 m², která vzniká hlavně vířivou činností vody při povodňových stavech nebo jako pozůstatek po zazemnění mrtvého ramena.

Obr. č. 3: Příklady vodních objektů v nivách

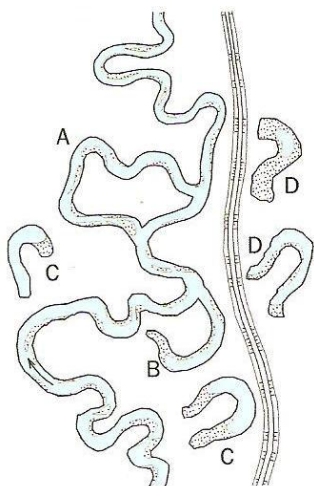


Zdroj: přepracovala Havlíková (2011), podle Husák a Květ (2000)

Na území nivy horní Lužnice se vymezením jezer zabýval i Černý (1994). Ten zde určil čtyři kategorie tůní podle velikosti a tvaru, které se pohybují od 10 m² po rozsáhlé systémy navzájem pospojovaných slepých ramen nebo i několikahektarové vodní plochy. První skupinou jsou podlouhlá, obloukovitá či různě zakřivená slepá ramena. Ta jsou podle Černého (1994), v závislosti na jejich stáří, více či méně zazemněna. Většina těchto tůní je však již přeměněna na systémy jednotlivých menších tůní, které odpovídají původní poloze meandru a jsou již zcela nebo částečně odděleny. Černý (1994) také uvádí, že většina tůní v nivě Lužnice je tohoto typu. Dalším typem jsou kruhové tůně s průměrem do 15 nebo 20 metrů. Ty bývají ve středu značně hluboké a mají příkré břehy. Vyskytují se zde ve skupinách nebo jednotlivě a jejich počet byl Černým (1994) zaznamenán v řádu několika desítek. Oválné tůně větších rozměrů jsou dalším vymezeným typem. Ty bývají také často velmi hluboké a odpovídají zbytkům starých meandrů. Tyto tůně však leží v dosahu řeky a při zvýšených vodních stavech jsou propláchnuty proudící vodou, což zamezuje jejich zazemnění. Posledním typem jsou nepravidelné, plošně rozsáhlé a mělké deprese, které se

nacházejí podél koryta Nové řeky, umělého kanálu spojující Lužnici s Nežárkou. Tato jezera bývají za normálního stavu řeky zatopena a z důvodu malého sklonu toku v této oblasti jsou postupně zanášena (Černý 1994).

Obr. č. 4: Názvosloví říčních ramen



A – vedlejší rameno

B – staré rameno

C – mrtvé (odstavené) rameno

D – mrtvé (odstavené) rameno oddělené hrází

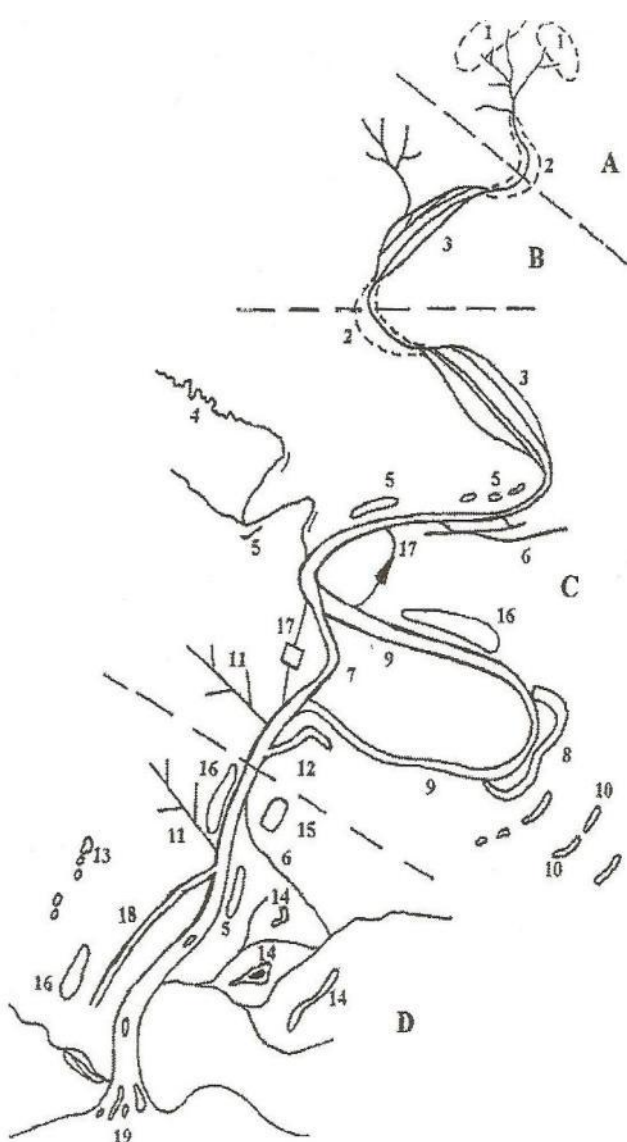
Zdroj: Just a kol. (2005)

Pojmenováním vodních ploch se zabývalo i mnoho dalších autorů, a to na základě fyzikálních či chemických vlastností vody, hydrologickém režimu, morfologických vlastnostech a mnoha dalších hledisek.

Pithart a kol. (2003) odděluje tůň od říčních ramen na základě jejich délky, protože tůň mají spíše kruhový tvar. Pokud tedy délka vodní plochy přesahuje její šířku několikanásobně, jedná se o říční rameno. Samotné tůň pak dělí na několik typů podle doby zavodnění. Na rozdíl od Husáka a Květa (2000) vymezuje tůň od 10 m² do 400 m².

Typy tůní vymezuje tři. Tůň stálé jsou přirozené menší nádrže různého charakteru a původu. Dalším typem jsou tůň periodické, které pak rozlišuje na typ letní, které vznikají v období letních silných dešťů, a jarní, které vznikají při jarním tání sněhu. Vymezení na základě hydrologického režimu však není jednoznačné, protože tůň stálé mohou za určitých podmínek vysychat a tůň periodické naopak zůstat napuštěné. Vymezil proto tyto tůň i na základě přítomnosti organismů. V periodických tůních se tak, na rozdíl od stálých, vyskytují organismy adaptované na vyschnutí.

Obr. č. 5: Názvosloví základních objektů řek a jejich niv



A – pramenná oblast, B – horní tok, C – střední tok, D – dolní tok; 1 – pramen, pramenná oblast, 2 – násep, násepový (nárazový) břeh (proudem řeky podemílán a erodován), 3 – jesep, jesepový (vypuklý) břeh (mírný sklon sedimentace unášeného materiálu, vznik písčitých a šterkovitých lavic), 4 – přítok, meandrující potok, 5 – zbytek původního koryta (malé vodní těleso či mokřad přiléhající k hlavnímu oku), 6 – anastomózující boční rameno, 7 – protržený meandr, 8 – zbytek starého meandru (neprůtočný, přirozeně oddělený), 9 – Starý meandr, mrtvé rameno (více či méně průtočné, uměle odříznuté, 10 – tůň či mokřady (vzniklé z bývalých ramen dále od řeky), 11 – odvodňovací systém kanálů, 12 – slepé (zpětné) rameno, 13 – zbytky mrtvého ramene, lužní (nivní) tůň, 14 – mrtvé rameno vzniklé dále od řeky (v místě bývalého meandru a anastomózujících ramen, lužní (nivní) jezero, 15 – kruhová tůň (vzniklá zatopením vytěžené jámy – těžba písku či šterku, 16 – podélný typ tůně, 17 – průpich meandru (umělý, často jako mlýnský náhon, 18 – boční (vedlejší, anastomózující) rameno (využívané jako odvodňovací nebo zavodňovací kanál), 19 – ústí toku do moře

26

Jedním z mnoha dalších vymezení se zabýval také Hutchinson (1957), který jezera v údolní nivě rozdělil na pět typů. Nejběžnějším typem jsou jezera vzniklá odškrcením meandru. Další typ jezer vzniká v nivě za povodní, v depresích vytvořených nerovnoměrným ukládáním unášeného materiálu. Jezera vzniklá opuštěním říčních ramen jsou typem dalším. Poslední dva typy jezer podle Hutchinsona (1957) si jsou podobné. Jeden typ vzniká u okraje údolní nivy, kdy meandrující řeka vytvoří agradační val mezi korytem a okrajem. Za tímto valem se pak vytvoří jezero protáhlého tvaru. Poslední typ vzniká, když řeka v meandru nivy prorazí vnější břeh a vytvoří kolem starého meandru nové koryto. Uvnitř nového meandru tedy vznikne fluviální jezero. Tato kategorie je ale podle autora občas sporná.

Názvosloví na základě kontaktu vodních těles v nivě s hlavním tokem vytvořil Amoros a kol. (1987, in Prach a kol. 2003). Jako eupotamon označuje hlavní tok a boční ramena, která jsou neustále protékána. Parapotamon pak charakterizuje jako bývalá ramena s téměř stojatou vodou, která jsou na horním konci zazeměna, ale na dolním stále spojena s tokem. Dalším typem je pak plesiopotamon, který představuje malá vodní tělesa s permanentně nebo dočasně stojící vodou. Tato tělesa jsou velice ovlivňována průtokem v řece. Poslední typ je označován jako paleopotamon. Tímto termínem jsou označena mrtvá ramena dále od řeky, v místech bývalých meandrů. Jsou to vodní ekosystémy bez permanentního připojení na řeku, které jsou tokem jen mírně ovlivňovány.

Fluviální jezera vzniklá z meandrů se mohou nalézat v různé vzdálenosti od současného toku, ve výjimečných případech i tisíce metrů. I přesto, že nově vzniklá jezera nejsou již součástí toku, má na ně tok často vliv, například povrchovým přítokem a odtokem. Fluviální jezera mohou být s tokem spojena po povrchu pouze přítokem a odtékají pod povrchem nebo obráceně. Také hladina těchto jezer má s tokem společnou výšku hladiny, která je dána výškou podpovrchové vody v nivě (Janský a kol. 2003).

Obr. č. 6 a 7: Tůňě Nová a T1 v oblasti Základna na horní Lužnice



Zdroj: fotoarchiv autora

4 Vliv povodní na vodní tok

Povodně jsou přirozenou, ale extrémní událostí v koloběhu vody v přírodě, při níž se dočasně zvýší vodní stav toku a do krajiny se tak rozlije z koryta řeky velké množství vody, které dále působí na okolní krajinu. Výskyt povodní je velmi nerovnoměrný jak v čase, tak v prostoru, mohou se tak vyskytovat během celého roku. Vznik povodní však závisí na velkém množství různých faktorů, jakými jsou geografická poloha, klima, podnebí, chod a úhrn srážek. Dále reliéf, který určuje, zda je krajina rovinná, hornatá nebo jaký má povrch sklon. Využití ploch, krajinný pokryv, vlastnosti půdy nebo antropogenní vlivy patří mezi důležité faktory při povodni. Všechny tyto faktory spolu souvisí a některé se navzájem ovlivňují (Blahušiaková, Matoušková 2012). Povodeň způsobuje na vodním toku mnoho změn, zde budou popisovány pouze změny morfologické.

Faktory ovlivňující vznik povodně můžeme rozlišit na úroveň globální, regionální a místní. Globální faktory jsou velmi diskutovanou otázkou a souvisejí hlavně se změnou klimatu, a tím způsobenou změnou rozložení srážek na Zemi. Regionální faktory jsou nejvýznamnější při vzniku povodní, protože na této úrovni se povodně tvoří a působí. Do této úrovně patří atmosférické procesy, sluneční záření a jiné meteorologické prvky. Úroveň místních faktorů obsahuje prvky jako reliéf, využití ploch, půdní poměry a složky krajinného pokryvu, které mají velký vliv na dopad a šíření povodně. Na regionální úrovni existuje také celá řada negativních faktorů, mezi něž patří zahrazování koryta, vznik bariér v úzkých profilech toku nebo narovnávání toku. Většina negativních faktorů je způsobena člověkem a vede k rozšiřování zaplavovaného území, a tím pádem i k větším škodám (Lautnerová 2010). Dalším způsobem, jak faktory můžeme dělit, je rozdělení podle působení na povodeň. Takovými faktory jsou faktory předběžné, které ovlivňují vlastnosti povodně v začátcích a určují stav povodí několik dní až měsíců před povodní. Například retenční či infiltrační schopnost povodí, naplnění koryt toků nebo výška sněhové pokrývky. Dalšími jsou faktory příčinné, které stojí za vznikem povodně samotné. Sem patří například časové i prostorové rozložení srážek, teplota a vlhkost vzduchu, které ovlivňují výpar a tání sněhu. Posledními faktory, jsou faktory ovlivňující. Ty mají vliv na celkový průběh povodně a její účinky a následky v krajině. Jsou to hlavně antropogenní zásahy do krajiny, ale také krajinný pokryv, reliéf a podobné (Lautnerová 2010).

Povodně na našem území se mohou vyskytovat z několika různých příčin. Nejčastěji se u nás povodně vyskytují na jaře, a to kombinací tajícího sněhu a srážek. Tání sněhu je také kapalnými srážkami urychlováno. Dalším typem povodní jsou povodně dešťové, které je možno rozdělit na povodně z přívalových srážek a povodně z trvalých srážek. Povodně z trvalých srážek vznikají hlavně díky plošně rozsáhlým a vydatným deštům, které mohou trvat i několik dní. Druhý typ dešťových povodní je způsoben srážkami s krátkou dobou trvání, a to nejčastěji v řádu hodin, avšak s velkou intenzitou srážek (Brázdil a kol. 2005). Při takovýchto srážkách je půda brzy přesycena, voda se nestíhá vsakovat a ani nemá kam a vznikají tak povodně (Svoboda 2011). Tyto srážkové situace jsou způsobeny díky atmosférické cirkulaci vzduchu, při které dochází k termické konvekci způsobující vystupující proudění za vzniku bouřkových mraků (Langhammer a kol. 2007). Odlišným typem povodně jsou na našem území povodně ledové, které vznikají při oteplení po dlouhotrvajících mrazech tak, že dojde k odchodu ledu a k tvorbě ledových bariér, díky kterým se voda vylije z koryta (Brázdil a kol. 2005). Poslední kategorií vzniku povodní jsou povodně ze specifických příčin, které nastávají při zahrazení toku sesuvem půdy, horniny či sněhu nebo naopak protržením vodní nádrže nebo rybníku (Čurda 2009).

Působení povodní může být pozitivní i negativní. V některých částech světa byly povodně, v historických obdobích, vítanou závlahou, jejich příchod byl pravidelný a velmi důležitý pro hospodaření. Nejznámější oblasti využívající povodňových přívalů dešťových vod, byly oblasti starých civilizací v nižších zeměpisných šířkách, v okolí velkých světových řek, jako například Nilu nebo oblast mezi řekami Eufrat a Tigris. V těchto oblastech prší během roku jen velmi málo, proto zde byly přívalové deště způsobující povodně velmi vítané.

Změny v nivě, které povodeň způsobuje, vznikají pouze ve směru proudění mezi korytem a okolní plochou nivy, kde se nacházejí fluvialní jezera. Díky tomu, že má řeka přirozenou nivu, tak s velkou pravděpodobností dochází při povodni ke snížení průtokové vlny (Hastíková 2009). Velikost povodní pak ovlivňuje nivu a jezera v ní různým způsobem. Při velké dlouhotrvající povodni, kdy je niva celá zaplavena, je snížena eroze a dynamika vývoje nivy je snížena, na rozdíl od častých, ale menších a krátkodobých povodní (Šobr 2007). Pokud nivu zasáhne extrémní povodeň, která má v obydlených oblastech ničivé účinky, tak v nivě působí spíše tvořivě, zvýšením diverzity prostředí.

Pokud v toku dochází ke zvětšení a následnému poklesu průtoků a vodních stavů, dochází k takzvané průtokové vlně. Pokud ovšem průtok i vodní stav vykazují hodnoty mimořádné a dochází k překročení kapacity koryta a zaplavování okolí, nazývá se průtoková vlna, vlnou povodňovou. Každá takováto vlna je charakterizována několika vlastnostmi. Počátkem neboli patou povodně, který je tím okamžikem, od něhož dochází k prudkému nárůstu průtoků nebo vodního stavu. Konec povodně je pak takový stav, kdy průtok poklesne na původní úroveň. Další charakteristické vlastnosti povodňové vlny jsou, doba jejího trvání, objem, celkový tvar a vrchol, maximální průtok v dané vlně. Největšímu průtoku dané vlny se říká kulminační průtok. Ze souboru kulminačních průtoků jednotlivých vln, které odpovídají jednotlivým povodním, se určuje N-letý průtok, tedy průtok vyskytující se průměrně jednou za N let (Lautnerová 2010).

Obr. č. 8: Materiál nanesený prouděním v nivě při rozlivu



Zdroj: fotoarchiv autora

4.1 Povodně na Lužnici

Výskyt povodní na Lužnici je podle historických pramenů zaznamenáván již od středověku. Tyto povodně však nebyly hydrologicky měřeny, takže z hlediska výzkumu nemají velký význam. Pravidelné měření vodních stavů započalo až v druhé polovině 19. století, od té doby jsou tedy k dispozici i záznamy o povodních. Jejich analýzou se zabýval Vlasák (2007), který ve své práci zkoumal povodňový režim Lužnice na základě údajů o povodních od roku 1888. Z jeho práce vyplývá, že největší hustota výskytu povodní v tomto období, zde byla na konci 19. století a nejmenší v druhé polovině 20. století. Svoboda (2011) pak uvádí, že v posledním desetiletí povodní opět přibývá. Díky těmto poznatkům vymezuje Svoboda (2011) tři období, kdy se zde vyskytovaly povodně častěji. Jedná se o období od roku 1890 do 20. let 20. století, dále pak mezi lety 1945 až 1965, kdy jednotlivé povodňové události nenásledovaly hned následující roky po sobě, ale byly rozprostřeny do celého období a poslední perioda častějšího výskytu povodní, která začala roku 1996 a pokračuje dodnes. Z historických povodní byla největší povodní, podle Rameše (2003), povodeň v roce 1890, avšak v roce 2002 přišla povodeň, která byla mnohem větší a dramatičtější a dosáhla úrovně 1000leté vody.

V povodí horní Lužnice je výskyt povodní častější v jarním období, a to především díky tání sněhové pokrývky v horách zdrojové oblasti Lužnice. K výskytu povodně přispívá geomorfologická skladba tohoto území. Území má totiž malé výškové rozdíly, a tak tání sněhu probíhá na velké ploše (Hastíková 2012). Výskyt letních povodní je zde trochu méně častý, o to méně ale zanedbatelný, jak ukazuje například letní povodeň z roku 2002. Vznik letních povodní bývá způsoben dlouhotrvajícími plošnými srážkami a tyto povodně zde mívají pomalejší vzestup i pokles (Svoboda 2008).

Povodně na horní Lužnici se měří především na vodoměrném profilu Pilař, kde průměrný roční průtok dosahuje $6,21 \text{ m}^3/\text{s}$ a průměrná výška hladiny je zde 175 cm. Za povodeň jsou zde považovány ty vodní stavy, kdy průtok tímto vodoměrným profilem přesáhne hodnotu jednoleté vody, tedy $33 \text{ m}^3/\text{s}$. Povodeň v roce 1890 zde kulminovala při průtoku téměř $200 \text{ m}^3/\text{s}$ a povodeň v roce 2002 až s průtokem $500 \text{ m}^3/\text{s}$ (Svoboda 2011).

Výskyt povodní na horní Lužnici je velmi častý. Svoboda (2011) uvádí, že mezi lety 1965-2010 se zde vyskytlo 40 událostí, při nichž vodní stav přesahoval jednoletou vodu.

Dále pak také uvádí, že jarní povodně jsou zde sice výrazně častější, ale zato mnohem méně vydatné. V období mezi roky 1920-2007 se zde vyskytly pouze 3 povodně v jarním období, které přesáhly hodnotu pětileté vody (Vlasák 2007). Letní přívalové deště, způsobující silné povodně, jsou podle Vlasáka (2007) způsobeny přechodem brázdy tlakové níže přes naše území, která se zesiluje právě v oblasti Novohradských hor. Povodně se zdrojovou oblastí na horní Lužnici mají obecně pomalý vzestup a ještě pomalejší pokles. To je způsobeno nízkým sklonem Lužnice v nivě na horním toku, velkou schopností retence a také rybníční soustavou (Svoboda 2011).

4.2 Přírozené rozlivy v nivě Lužnice

Povodňové rozlivy vždy patřily k přirozeným událostem v krajině. Člověk se je však snažil odstranit nebo alespoň zmírnit, a to z důvodu nežádoucích vlivů na jeho osídlení. Oblast horní Lužnice je však velmi zachovalou přírodní krajinou bez větších zásahů člověka, proto se zde přírozené rozlivy stále odehrávají. Zachovalo se zde mnoho tůní a mrtvých ramen, což je v Evropě výjimkou, a proto je tato oblast pro studium rozlivů velmi atraktivní (Pithart, Simon 2003). Právě Pithart a Simon (2003) se v těchto místech přírozenými rozlivy zabývali. Mezi roky 1989 až 1995, na 141. říčním kilometru, zde zaplavování nivy sledovali. Z tabulky č. 1, která zachycuje výsledky jejich práce, je jasně viditelné, že rozlivy se zde vyskytují často, ale velmi nepravidelně. Jednotlivé události měly také velmi rozdílnou dobu trvání, od pár dnů do několika týdnů, a také velmi rozdílné trvání během celého roku.

Tab. č. 1: Počet rozlivů a délka jejich trvání v nivě Lužnice

Rok	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Počet rozlivů	4	2	3	11	1	2	9
Celkové trvání rozlivů (dny)	11	7	21	60	25	30	102

Zdroj: Pithart, Simon (2003)

Přírozené rozlivy mají velmi podstatný vliv na chod povodňové vlny, protože zpomalují její pohyb v korytě, díky větší drsnosti povrchu nivy oproti povrchu koryta. Při desetileté vodě pojme niva Lužnice až 87 % vody a při stoleté dokonce 92 % z celkového objemu v korytě a nivě, zbylých 8 % zůstává v korytě. Pithart se Simonem (2003) na

základě těchto údajů odhadli, že při povodni v roce 2002 pohltila niva Lužnice až 9 mil. m³ vody, což odpovídá jeden a půl násobku obsahu vody v rybníku Rožmberk.

Výpočtem kapacity nivy Lužnice pro přirozené rozlivy, se zabýval také Dostál a kol. (2012). Na základě vzorků půdy a jejich zrnitosti zjistil, že objem půd je daleko menší, než odhadoval Pithart a Simon (2003). Bylo totiž vypočteno, že půdy jsou schopny absorbovat pouze 0,3 až 10,9 % povodňové vlny, při průtoku odpovídajícímu stoleté vodě, na úseku 10 km dlouhém. Objem takovéto vlny je pak asi 41,3 mil. m³. Je to způsobeno hlavně vysokou hladinou podzemní vody (Dostál a kol. 2012).

Velký vliv na povodňové rozlivy mají také tůně a mrtvá ramena, která poskytují prostor pro pohlcení velké části objemu rozlivu (Pithart, Simon 2003). Dostál a kol. (2012), také zjišťovali pasivní retenční objem, který odpovídá objemu všech bezodtokých depresí v nivě. Výsledkem bylo zjištění, že v úseku nivy horní Lužnice, která má plochu 4,85 km², je tento pasivní retenční objem pouze 105 tisíc m³, což při stoleté vodě odpovídá pouze 0,26 % jejího objemu (Dostál a kol 2012).

Další výhodou přirozeného rozlivu je, že je voda absorbována do velké plochy a zároveň i z této plochy odpařována. To vše má za následek zpomalení povodňové vlny a snížení vodního stavu na dalších částech toku (Pithart, Simon 2003).

Na území nivy Lužnice, v místech měření Pitharta a Simona (2003), se rozlivy zabýval také Šimek (2008), který zde prováděl studii hydrologické funkce jezer. Ten na základě svých měření určil, že k vybřežení toku dochází již při hodnotách průtoku 6,32 m³/s na vodoměrné stanici v Nové Vsi, přičemž první povodňový stupeň se vyhláší až při průtoku 23,5 m³/s a z toho vyplývá, že ne při každém rozlivu dochází k povodni. Šimek (2008) zde během 25 měsíců, v letech 2006-2008, zpozoroval 16 rozlivů, z nichž pouze 4 byly součástí povodně. V tabulce č. 2 jsou oranžovou barvou označeny právě tyto povodňové události a modrou barvou rozlivy delší než týden. Na základě těchto pozorování je patrné, že nejdelší rozliv z konce roku 2007, který trval 42 dní, nebyl považován za povodeň. V roce 2007 došlo k několika dalším, různě dlouhým, rozlivům, ale i přesto byl tento rok, podle práce Šimka (2008), celkově rokem suchým. Šimek (2008) dále určil, že výška vodní hladiny jezer v nivě klesá po rozlivu výrazně pomaleji než hladina v samotné řece. Tento efekt, spolu s naplněním jednotlivých depresí, způsobuje delší zadržování vody v nivě.

Tab. č. 2: Počet a trvání rozlivů do nivy Lužnice

VI-VII 06	VII 06	VIII- IX 06	I 07	II 07	III 07	III-IV 07	X 07	IX-X 07	X 07	XI-XII 07	I-II 08	III 08	IV 08	VII 08	VII 08
19	2	24	2	2	6	17	1	32	7	42	20	2	8	1	3

Zdroj: Šimek (2008)

Tab. č. 3: Počet a trvání rozlivů do nivy Lužnice

	Celkem	2007	VII-XII 06	I-VII 08
Počet rozlivů	16	8	3	5
Celkové trvání rozlivů (dny)	188	109	45	34

Zdroj: Šimek (2008)

4.2.1 Vybrané povodňové události

Povodeň 2002

Tato povodeň proběhla v srpnu roku 2002 a byla zapříčiněna velmi nadprůměrným úhrnem srážek. První vlna srážek přišla během 6. a 7. srpna a v Novohradských horách dosáhly srážkové úhrny až 200 mm. Tyto srážky způsobily v oblasti horní Lužnice povodeň o velikosti stoleté vody (Rameš 2003). Ve dnech 11. a 12. srpna pak přišla druhá vlna srážek. Jelikož bylo povodí již nasycené z první povodňové vlny, vyvolaly tyto srážky povodňovou vlnu, která byla téměř dvojnásobná než vlna první. V noci ze 13. na 14. srpna povodeň kulminovala na profilu Pilař, kde byl naměřen průtok $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Z důvodu nasycenosti povodí a velikosti povodně, byla rychlost postupu povodňové vlny velká v obou případech, ale v druhém případě větší (Svoboda 2011).

Povodně 2006

V tomto roce se na Lužnici vyskytlo více povodní, největší význam i rozsah měla povodeň jarní, na konci března 2006. Hlavní příčinou této povodně byl tající sníh z důvodu velkého oteplení, ke kterému se přidaly dešťové srážky. Nástup této povodně byl poměrně rychlý. Kulminačního průtoku dosáhla povodeň již v noci z 29. na 30. března, kdy dosáhl průtok hodnoty $146 \text{ m}^3/\text{s}$, při kterém byl překročen 3. stupeň povodňové aktivity. Jednalo se tak o dvacetiletou vodu (PVL 2006). Tato povodeň však po sobě zanechala pouze menší škody (Svoboda 2011). V létě téhož roku pak udeřily ještě dvě povodně. První na přelomu června a července a druhá začátkem srpna. První letní povodeň byla jen o něco málo slabší

než povodeň jarní, překročila hodnoty desetileté vody, avšak měla mnohem kratší dobu trvání. Srpnová povodeň dosáhla také podobných průtoků jako obě povodně předchozí (PVL 2006, Svoboda 2011).

Povodeň 2013

V roce 2013 přišla na území Čech povodeň začátkem června. Srážky, které způsobily tuto povodeň, spadly během dvou srážkových epizod. První z nich proběhla během 1. a 2. června, a jelikož i celý květen byl na srážky bohatý, území bylo vodou nasyceno velmi rychle, a tak průtok a povrchový odtok velmi narůstal. Druhá, méně intenzivní srážková epizoda probíhala od 8. do 10. června. Tato povodeň se svými důsledky řadí ke katastrofickým povodním z let 1997 a 2002 (ČHMÚ 2014). Ke kulminaci první povodňové vlny na profilu Pilař došlo v noci z 3. na 4. června, a to hodnotou průtoků $120 \text{ m}^3/\text{s}$. Tato povodňová vlna odpovídala desetileté vodě a překročila hranici 3. stupně povodňové aktivity. Druhá povodňová vlna, působící o několik dní později, nebyla tak silná a dosáhla pouze 2. stupně povodňové aktivity (PVL 2013). Protože však srážky byly soustředěny na dolní tok Lužnice, nemohl se projevit retenční účinek horního toku a povodeň zde kulminoval dříve než v roce 2002. Na horním toku, na profilu Pilař, dosáhla povodeň pouze hodnot desetileté vody. Na dolním toku, v Bechyni, však průtoky přesáhly hodnoty stoleté vody (ČHMÚ 2014).

Obr. č. 9: Prouděním v nivě za rozlivů nanesený a vytříděný materiál před překážkou



Zdroj: fotoarchiv autora

5 Metodika zpracování dat

Batymetrické mapování jsem prováděl 16. července 2014 v oblasti zvané Základna. Tato oblast se nachází přibližně na 141. říčním kilometru a jedná se o území, kde probíhal výzkum již od 70. let. Dříve se zde nacházela i hydrobiologická stanice (Hastíková 2012). V této oblasti se nachází mnoho různých tůní, stálých i periodických, a to na poměrně malém území. Oblast je lokalizována na levém břehu Lužnice. Pro měření byly vybrány čtyři tůně.

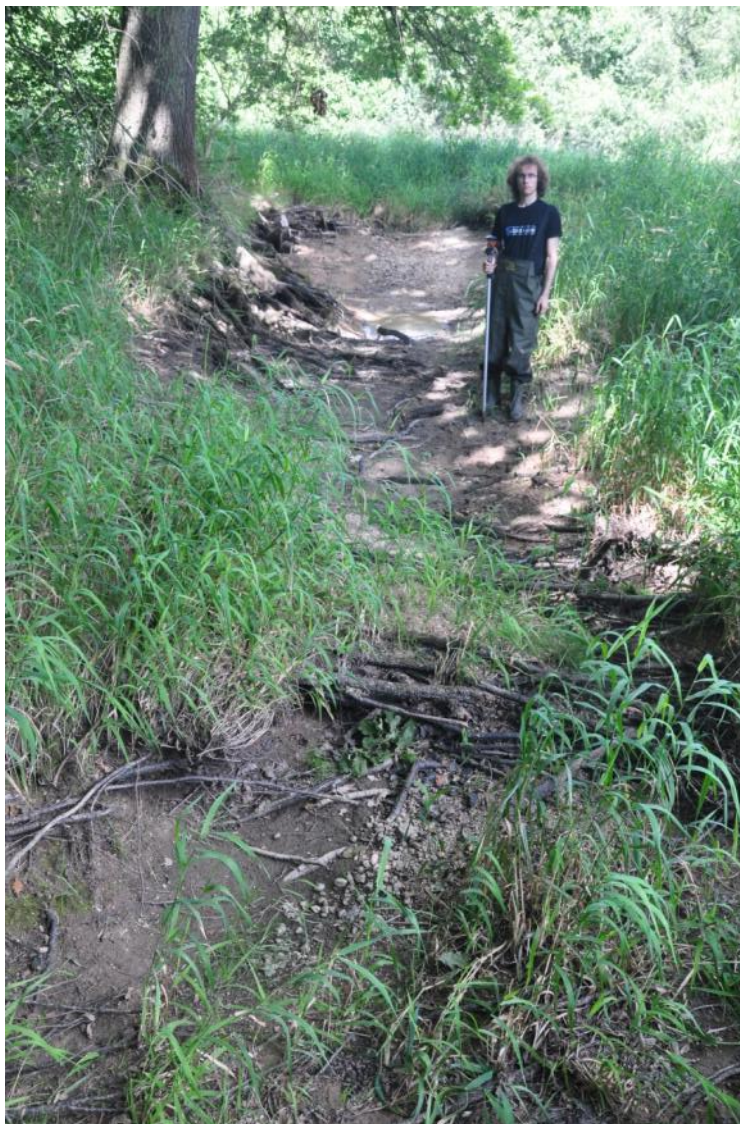
Měření probíhalo pomocí totální geodetické stanice, která byla nejdříve usazena, pomocí přesného systému GPS, do souřadnicového systému JTSK. Následně probíhalo bodové měření dané oblasti pomocí odrazného hranolu, který byl zaměřován infračerveným paprskem. Tímto způsobem byl změřen prostor nivy mezi danými jezery a poté jezera samotná. Měření bodů probíhalo přibližně v metrových intervalech, upravovaných podle potřeby a možností terénu. Měření jezer probíhalo tak, že byla nejdříve zaměřena nadmořská výška hladiny a poté břehová linie. Posledním krokem bylo zaměření dna jezer, které většinou probíhalo z nafukovacího člunu. Celkem tak bylo naměřeno přibližně 500 bodů, z toho přibližně polovina v samotné nivě a druhá polovina na vybraných tůních.

Naměřená data byla zpracovávána v počítači a k jejich zpracování byly použity programy Microsoft Excel a ArcGIS 10.2. Stažená data z totální stanice byla otevřena v programu Excel, kde byla upravena k dalšímu zpracování a byly podle nich vypočítány morfometrické charakteristiky. Každý naměřený bod měl souřadnice X, Y a Z, které určuje polohu a nadmořskou výšku. Po úpravě bodů, byla data dále zpracovávána v prostředí programu ArcGIS 10.2. V tomto programu byla data zobrazena v souřadnicovém systému S-JTSK nejprve jako shluk bodů. Data byla roztřízena tak, aby bylo jasné, které body náleží jakému objektu. Zda jednotlivým jezerům nebo prostoru nivy mezi nimi. Poté byly body, pomocí funkce Topo to Raster, převedeny na rastrový obraz. Z toho byly na základě souřadnice Z vytvořeny vrstevnice funkcí Contour. Z bodů byly také vybrány ty, které tvořily břehové linie jednotlivých jezer a spojeny do polygonů, pomocí kterých bylo možno oříznout vytvořené vrstevnice a získat tak izobáty samostatných jezer. Tyto prvky byly dále použity k výpočtu morfometrických charakteristik a k tvorbě batymetrických map.

Z naměřených hodnot byly vypočítány následující charakteristiky: obvod jezera (O), plocha jezera (P), délka jezera (L), objem jezera (V), maximální (B_{\max}) a průměrná ($B_{\text{prům}} = P/L$) šířka jezera, maximální (h_{\max}) a střední ($h_s = V/P$) hloubka, hloubkový

koeficient ($K = h_s/h_{\max}$), relativní hloubka ($h_r = 50h_{\max}\sqrt{\pi}/\sqrt{P}$), stupeň členitosti břehové linie ($R = O/2\sqrt{P}\sqrt{\pi}$), průměrný sklon dna ($\text{tg}\beta = h_{\max} \times O/(2 \times P)$) (Hutchinson 1957). Tyto charakteristiky byly zvoleny na základě práce Hastíkové (2012), z důvodu jejich vzájemného srovnání a porovnání změn na zaměřených jezerech.

Obr. č. 10: Práce v terénu



Zdroj: fotoarchiv autora

6 Výsledky měření

Batymetrické měření probíhalo v oblasti Základna, na čtyřech jezerech, která se zde nacházejí. Tato oblast byla vybrána z důvodu velkého množství jezer a díky tomu velké možnosti specifikace výběru pro měření. Změřeny byly tůň s názvy T1, T2, Malá a Nová a prostor nivy mezi nimi. Morfometrické charakteristiky tůní jsou uvedeny v tabulkách č. 4 a 5. Z hodnot v těchto tabulkách je možné vidět, že tůň T2 je jednoznačně největší svou plochou. Tato tůň však v žádných jiných parametrech tolik od ostatních sledovaných tůní nevyniká. Svou hloubkou dokonce patří až na předposlední místo, z čehož vyplývá mírný sklon dna, což je vidět i na vypočítané hodnotě, kterou má tato tůň dokonce nejmenší. Nejhlubší tůní je tůň Nová, která jako jediná z měřených tůní přesáhla svou hloubkou 2 metry. Tato tůň má také nejprudší sklon dna. Na základě hodnot stupně členitosti je patrné, že tůň T1, která má tuto hodnotu nejmenší, má tvar nejbližší tvaru kruhu. Naopak nejvzdálenější tvar od kruhu má tůň Malá, která má stupeň členitosti největší. Její tvar je velmi protáhlý, čemuž odpovídá i poměr délky a šířky. Tůň Malá byla oproti ostatním tůním velmi specifická, protože jako jediná v době měření neobsahovala téměř žádnou vodu. V době měření byla nadmořská výška nejhlubšího bodu nad úrovní hladiny podzemní vody, tedy i nad úrovní hladin ostatních tůní. Měření hodnot této tůně probíhalo tedy na základě vymezení jejího okraje.

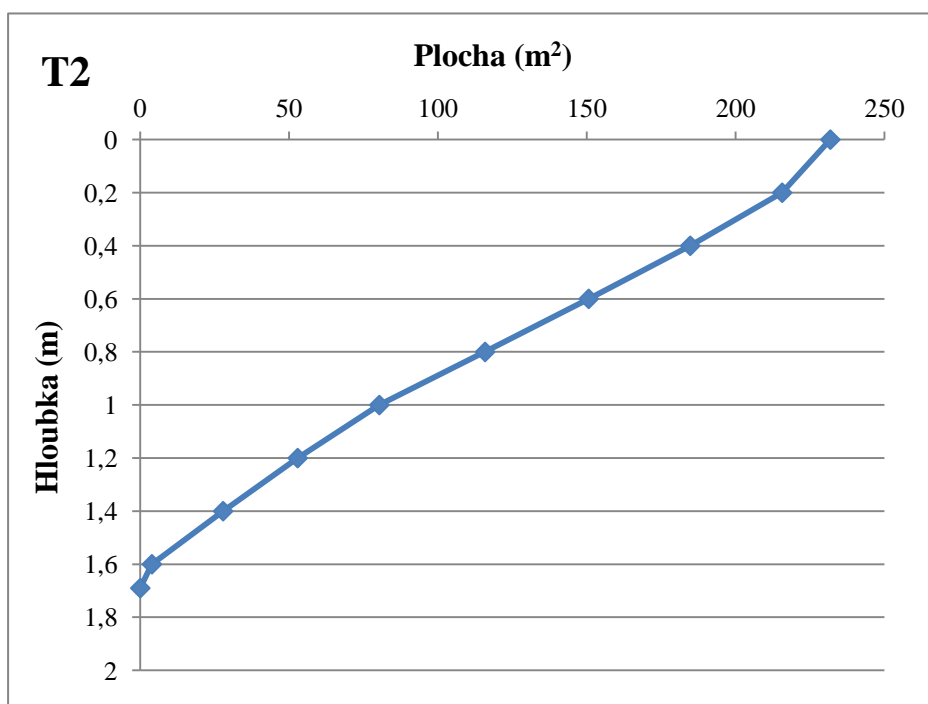
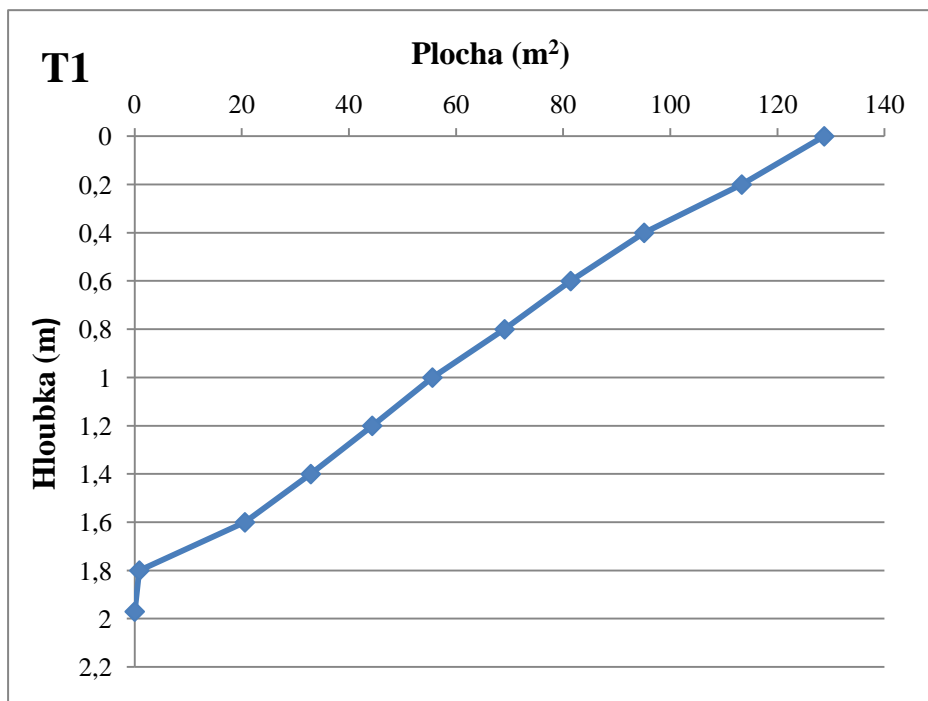
Tab. č. 4 a 5: Morfometrické charakteristiky sledovaných jezer

Název	Plocha (m ²)	Nadm. výška hladiny (m n. m.)	Obvod (m)	Délka (m)	Max. šířka (m)	Prům. šířka (m)	Stupeň členitosti břehové linie
T1	128,72	458,27	41,63	15,03	11,09	8,56	1,04
T2	231,77	458,36	59,75	24,33	12,73	9,53	1,11
Nová	143,49	458,39	52,56	16,74	12,89	8,57	1,24
Malá	74,44	459,60	40,33	18,19	4,76	4,09	1,32

Název	Objem (m ³)	Max. hloubka (m)	Prům. hloubka (m)	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka (%)	Prům. sklon dna
T1	144,30	1,97	1,12	0,57	15,39	18°15'
T2	184,70	1,69	0,80	0,47	9,84	12°28'
Nová	135,70	2,15	0,95	0,44	15,91	22°34'
Malá	16,40	1,39	0,22	0,16	14,28	21°34'

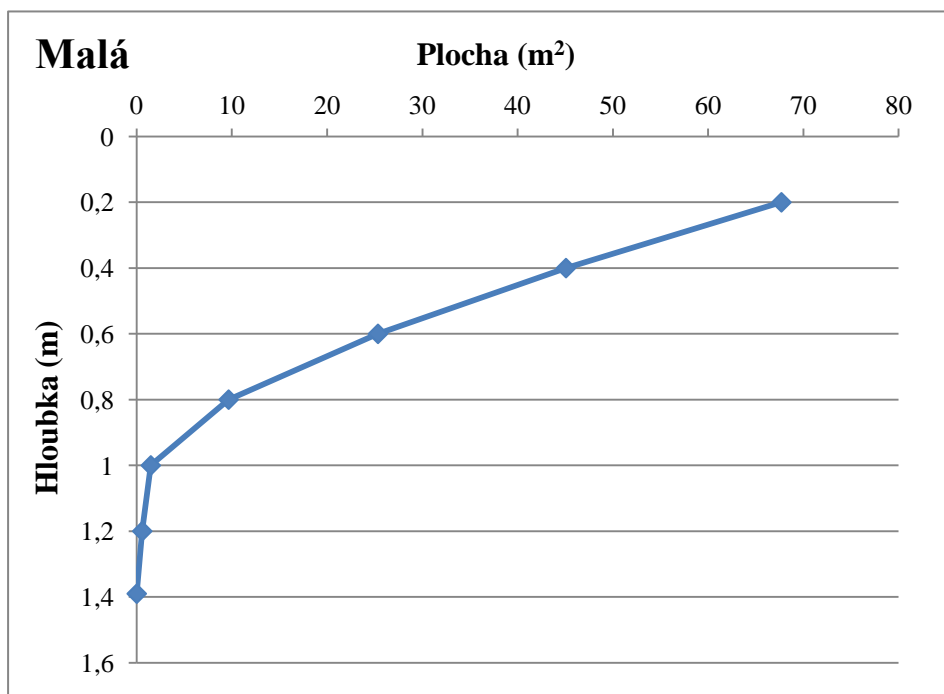
Na grafech č. 2 až 5 jsou zobrazeny batymetrické křivky sledovaných jezer, které zachycují podrobný popis jejich hloubkových poměrů.

Grafy. č. 2 a 3: Batymetrické křivky tůní T1 a T2



Zdroj: vlastní zpracování dat

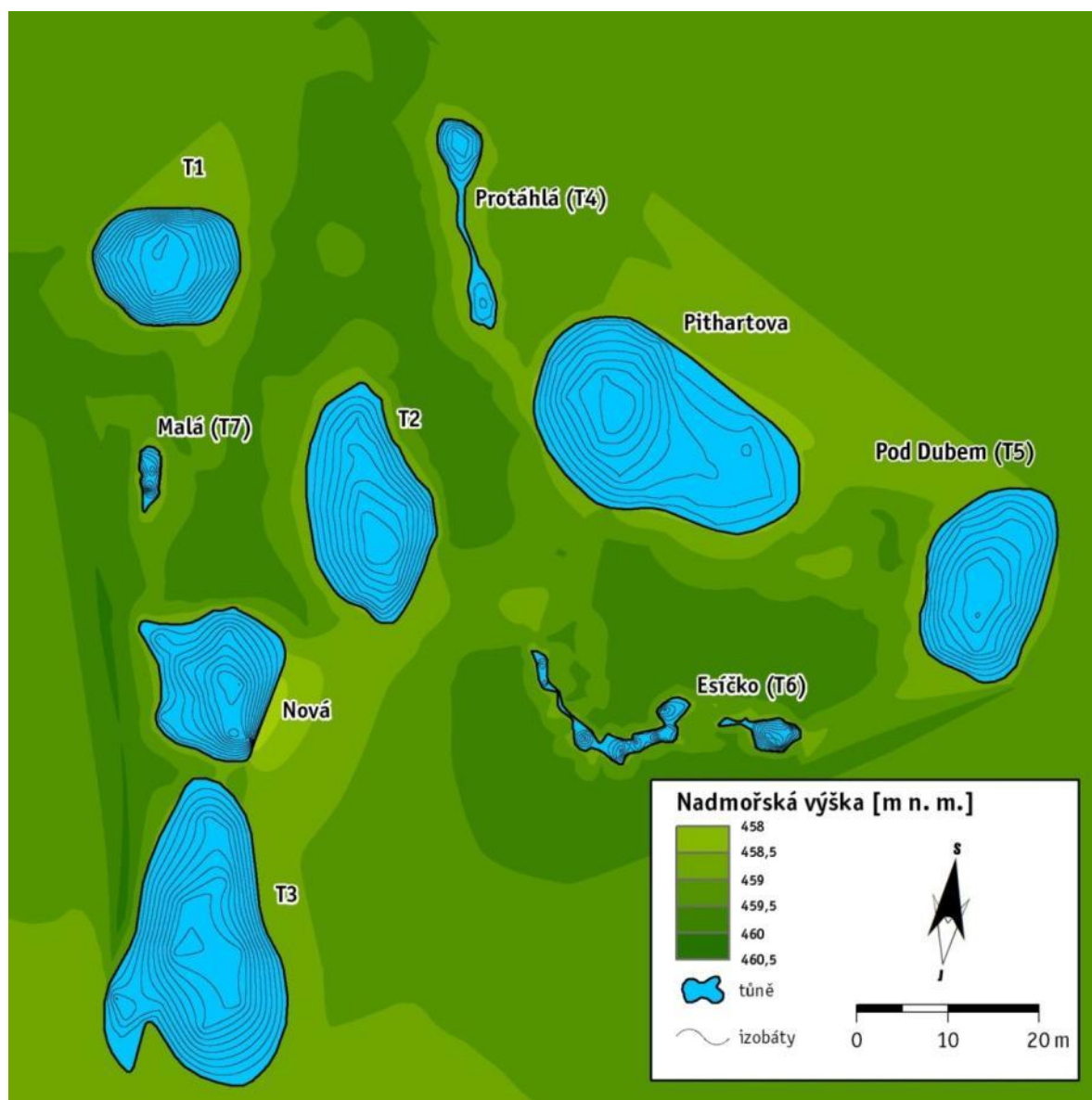
Grafy. č. 4 a 5: Batymetrické křivky tůňí Nová a Malá



Zdroj: vlastní zpracování dat

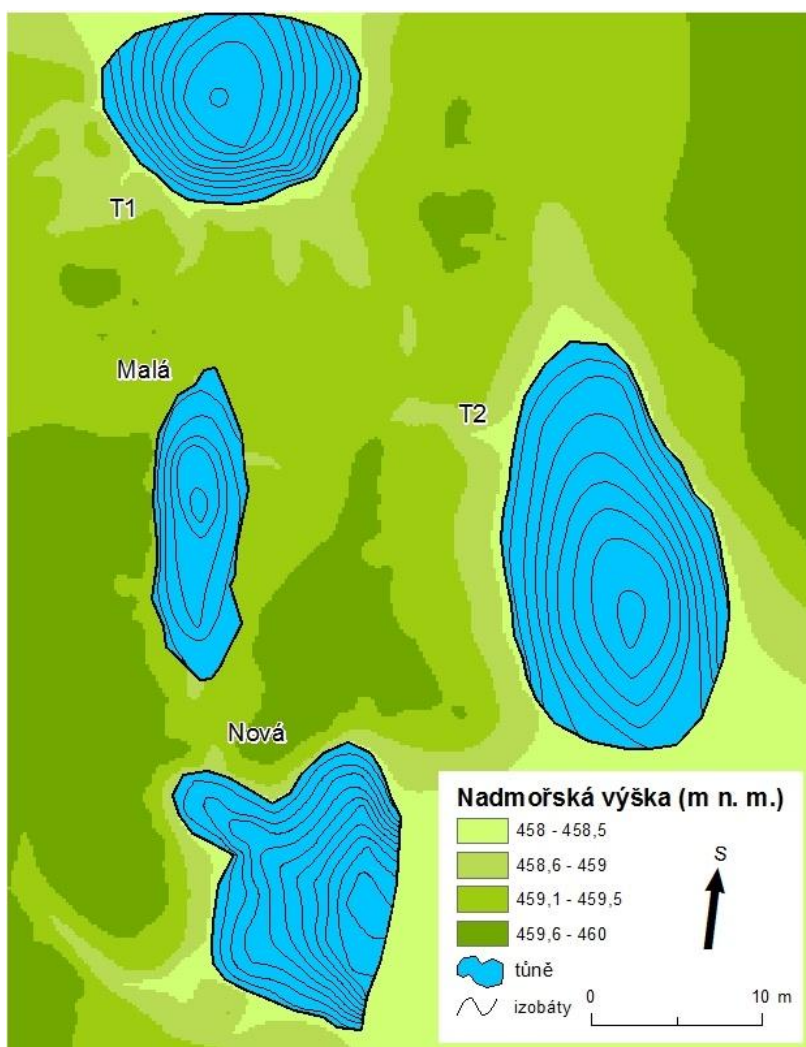
Díky zaměření daných jezer a výpočtu morfometrických charakteristik bylo možné porovnat změny těchto jezer od posledního měření, na základě práce Hastíkové (2012), které proběhlo v roce 2010. V následující části budou popsány pozorované změny. Na mapách č. 3 a 4 je možné vypořadovat změny tvarů tůní. Patrné jsou i změny terénu nivy mezi jezery. Hastíková (2012) v rámci své práce, na rozdíl od této práce, zaměřovala celou plochu oblasti Základy spolu s dalšími jezery, která se zde vyskytují.

Mapa č. 3: Niva Základny v roce 2010



Zdroj: Hastíková (2012)

Mapa č. 4: Část nivy Základny v roce 2014



Zdroj: vlastní zpracování dat

Pro podrobnější porovnání změn, které se za dobu mezi měřeními udály, byly vytvořeny tabulky (tab. č. 6 a 7) s morfometrickými charakteristikami z obou měření. U všech tůň jsou pozorovatelné změny jejich plochy. Tři tůň se mírně zmenšily, pouze jedna, tůň Malá, se rapidně zvětšila. Ostatní hodnoty většiny tůň také odpovídají mírnému zmenšení, pravděpodobně způsobenému snížením vodního stavu, jak vyplývá z nadmořských výšek hladin. Pokles nadmořských výšek mezi jednotlivými měřeními se pohybuje mezi 24 a 30 cm, kromě tůň Malá, u níž se hladina v r. 2014 nevyskytovala. Těmito rozdíly však neodpovídají poklesy maximálních hloubek, které jsou v jednotkách centimetrů a u tůň Nová, kde dokonce hloubka vzrostla o 18 centimetrů. To naznačuje značnou erozi od předchozího měření. Výrazné změny jsou pozorovatelné také na objemu jednotlivých tůň. Při výpočtu objemu z dat naměřených při autorově měření a při použití

nadmořských výšek hladin z měření předchozího, je vidět, že objem většiny tůní výrazně narostl, pravděpodobně vlivem eroze, způsobené silným prouděním v nivě, nejspíše tedy během sledované povodně. Stupeň břehové členitosti pak ukazuje, že od posledního měření některé tůně částečně změnily svůj tvar. U tůní T1 a Nová je tak vidět, že se jejich tvar mírně protáhl, tedy se více odchýlil od kruhového tvaru. Naopak tvar tůně T2 se kruhu více přiblížil. Tůň Malá, i přes veškeré změny, které jsou oproti předchozímu stavu velmi výrazné, si zachovala svůj protáhlý tvar. Hodnoty průměrného sklonu dna u většiny tůní narostly, což by mohlo odpovídat erozi způsobené povodní. Nárůst velikosti tůně Malá byl nejspíše způsoben jejím postavením vůči proudění při povodni, jelikož tok řeky, a tedy i proudění rozlivu v těchto místech směřují od jihu k severu.

Tab. č. 6 a 7: Porovnání morfometrických charakteristik mezi roky 2010 a 2014

Název (rok měření)	Plocha (m ²)	Nadm. výška hladiny (m n. m.)	Obvod (m)	Délka (m)	Max. šířka (m)	Prům. šířka (m)	Stupeň členitosti břehové linie
T1 (2010)	171,00	458,56	47,38	16,23	13,06	10,54	1,02
T1 (2014)	128,72	458,27	41,63	15,03	11,09	8,56	1,04
T2 (2010)	254,31	458,6	63,96	26,53	13,68	9,59	1,13
T2 (2014)	231,77	458,36	59,75	24,33	12,73	9,53	1,11
Nová (2010)	185,86	458,69	54,11	19,02	16,5	9,77	1,12
Nová (2014)	143,49	458,39	52,56	16,74	12,89	8,57	1,24
Malá (2010)	12,54	458,75	16,64	7,26	2,4	1,73	1,33
Malá (2014)	74,44	459,60	40,33	18,19	4,76	4,09	1,32

Název (rok měření)	Objem (m ³)	Objem „2010“* (m ³)	Max. hloubka (m)	Prům. hloubka (m)	Hloubkový koeficient	Relativní hloubka (%)	Prům. sklon dna
T1 (2010)	199,67	199,67	2,05	1,17	0,57	13,89	15°51'
T1 (2014)	144,30	192,29	1,97	1,13	0,57	15,39	18°15'
T2 (2010)	224,31	224,31	1,76	0,88	0,50	9,78	12°28'
T2 (2014)	184,70	261,06	1,69	0,80	0,47	9,84	12°28'
Nová (2010)	168,76	168,76	1,97	0,91	0,46	12,81	16°01'
Nová (2014)	135,70	202,04	2,15	0,95	0,44	15,91	22°34'
Malá (2010)	1,57	1,57	0,33	0,13	0,38	8,26	12°21'
Malá (2014)	16,40	5,47	1,39	0,22	0,16	14,28	21°34'

*objem tůní při nadmořské výšce z roku 2010

Zdroj: Hastíková (2012), vlastní zpracování dat

7 Diskuze

Cílem této práce bylo seznámení se s problematikou vývoje fluviálních jezer a povodní na území povodí horní Lužnice. Součástí byla také práce v terénu, která probíhala na vybraných tůních v nivě Lužnice, a jejím cílem bylo změřit a zhodnotit změny na daných jezerech, způsobených povodní na jaře 2013.

Sledované území na povodí horní Lužnice je velmi pozoruhodným místem, s velmi zachovalou přírodou, téměř bez zásahu člověka. Proto je toto místo vhodné pro terénní pozorování přirozených změn v krajině a jejího vývoje. Řeka Lužnice se zde, mezi hranicí s Rakouskem a Suchdolem nad Lužnicí, rozlévá do široké údolní nivy a tvoří meandrující soustavu s velkým počtem tůní a mrtvých ramen.

Výzkumná oblast Základny, která je zajímavá pro své velké množství fluviálních jezer, byla cílem mnoha odborníků z různých přírodovědných odvětví již od 70. let 20. století (Hastíková 2012). V posledních letech se zde výzkumem zabývali například Pithart a Simon (2003), kteří zde v 90. letech sledovali přirozené rozlivy, Husák a Květ (2000), kteří zde určovali názvosloví tůní, Vlasák (2007) a Váňová (2008), kteří zde sledovali působení povodní, dále Šimek (2008), Havlíková (2011) a Hastíková (2012) se zde zabývali pozorováním fluviálních jezer, a mnoho dalších autorů z mnoha odvětví.

Výzkum fluviálních jezer provádělo mnoho autorů, jejich pohled na danou problematiku se však často velmi liší. Řada autorů přišla s různým rozdělením fluviálních jezer. Amoros a kol. (1987 in Prach, Pithart 2003) vymezil čtyři kategorie fluviálních jezer podle jejich kontaktu s hlavním tokem. Černý (1994) postupoval jinak a v nivě Lužnice zaměřil desítky jezer, které pak rozdělil do čtyř kategorií podle velikosti a tvaru. První typ zahrnuje všechny formy slepých ramen. Ostatní tři kategorie pak vymezují menší tůně kruhového či oválného tvaru. Husák a Květ (2000) rozdělili jezera pouze do dvou kategorií, a to na říční ramena a tůně. Říční ramena jsou bývalé nebo současné části vodního toku, s výrazně protáhlým tvarem. Tůně pak vymezili jako malé přirozené vodní nádrže. Podobně klasifikoval jezera i Pithart a kol. (2003), který vymezuje tůně od říčních ramen na základě tvaru, protože tůně bývají spíše kruhové nebo oválné.

Samotné autorovo batymetrické měření probíhalo na čtyřech vybraných tůních s názvy T1, T2, Malá a Nová, v oblasti Základna, která byla na základě svých

morfometrických vlastností srovnána s dřívějším měřením Hastíkové (2012) a byly tak zjištěny změny, které se zde mezi měřeními odehrály.

Změny na jednotlivých tůních byly dobře pozorovatelné, ve většině případů se tůně zmenšily. To bylo s největší pravděpodobností způsobeno poklesem vodní hladiny. Rozdíl výšek hladin se pohyboval v rozmezí od 24 do 30 cm, kromě tůně Malá, která nebyla naplněna vodou. Tento naměřený rozdíl se však neshoduje s rozdílem maximální hloubky tůní. Ta se zmenšila jen nepatrně a u tůně Nová dokonce vzrostla o 18 cm. Z těchto rozdílů je velmi dobře patrné, že se dno všech měřených tůní prohloubilo, což bylo nejspíše způsobeno erozní schopností sledované povodně na jaře 2013.

Plocha všech tůní byla v rozmezí od 74,44 m² do 231,77 m², a tedy se svou velikostí vešly do intervalu 10-400 m², který Pithart a kol. (2003) určil jako hraniční pro vymezení tůní. Obvody i hloubky tůní byly velmi srovnatelné, kromě tůně Malá, která měla maximální i průměrnou hloubku téměř poloviční oproti ostatním tůním. Na této tůni byly také pozorovány největší změny oproti předchozímu měření. Jako jediná se tato tůň výrazně zvětšila, a to ve všech sledovaných parametrech několikanásobně.

Hloubky fluvialních jezer jsou v porovnání s ostatními typy jezer relativně malé, avšak v porovnání s plochou samotných jezer jsou velké. Relativní hloubka představuje poměr maximální hloubky s poloměrem kruhu o ploše jezera. Hodnoty u měřených jezer se pohybují v rozmezí 9,84-15,91 %. V porovnání s fluvialními jezery v nivách dalších našich řek jsou tyto hodnoty poměrně velké. Například u fluvialních jezer na Labi a na Svratce, kde měření prováděla Havlíková (2011), se hodnoty pohybují v intervalu od 0,64 do 1,52 %, respektive na Svratce od 1,47 do 7,47 %. V porovnání s měřením Hastíkové (2012) před povodní 2013, se však tyto hodnoty příliš nezměnily.

Větší pozorovatelné změny se však vyskytly v průměrném sklonu jezerního dna a v objemu jezer. Ve většině měřených jezer se průměrný sklon dna zvětšil. Při porovnání objemů při stejné nadmořské výšce hladiny je vidět, že objemy u většiny tůní značně narostly, u tůně Malá až pětinašobně. Tato změna odpovídá erozní činnosti povodně na pozorovaných tůních.

Vliv povodní mezi měřenými obdobími byl tedy jednoznačně patrný. Povodeň má v těchto místech významný dopad. Platí to však i obráceně, niva řeky má velký vliv při retenci vody z povodně a zabránění rychlému postupu povodňové vlny. Působením povodní v nivě Lužnice se zabývalo více autorů, v posledních letech Pithart a Simon (2003), Váňová (2008), Svoboda (2008, 2011) či Dostál a kol. (2012).

8 Závěr

Tato práce se zabývá zhodnocením působení povodně na fluviální jezera v povodí horní Lužnice, v oblasti Základna na 141. říčním kilometru toku.

První část práce se zabývala rešerší dostupné literatury na téma fluviálních jezer, povodní a charakteristiky celého území. Tato rešerše slouží k seznámení se s danou problematikou a k získání přehledu o informacích důležitých pro zhodnocení vlivu povodně na danou oblast.

Druhá část práce je zaměřena na batymetrické zmapování vybraných jezer v dané oblasti a určení jejich morfometrických charakteristik. Na základě tohoto měření jsou jezera porovnávána s předchozím stavem před povodní, který svým měřením zaznamenala v roce 2010 Hastíková (2012). Samotné měření proběhlo 16. 7. 2014. Zaměřena byla 4 vybraná jezera v severozápadní části oblasti Základny, spolu s prostorem nivy mezi nimi.

Naměřená data posloužila k vytvoření batymetrických map jednotlivých jezer, k výpočtu jejich morfometrických charakteristik, ale i k vytvoření výškopisné mapy zaměřené oblasti. Z vypočtených hodnot bylo možné zjistit změny, které se zde udály. Výsledkem pozorování je zjištění, že se plocha většiny jezer mírně zmenšila z důvodu poklesu vodní hladiny. Díky tomu došlo také ke zmenšení objemů většiny jezer. Největší rozdíl byl pozorován na tůni Malá, která se jako jediná z pozorovaných tůní značně zvětšila. Vliv povodně byl prokazatelný u všech tůní. Došlo u nich mezi oběma měřeními k prohloubení, což bylo možné zjistit porovnáním rozdílů nadmořských výšek hladin a rozdílů hloubek. Tato změna nastala nejspíše odnesením materiálu danou povodní v červnu 2013. Tůň Malá, která je protáhlého tvaru, leží přímo ve směru proudění povodně a byla proto zasažena nejvíce, čemuž odpovídá její výrazné zvětšení.

Vliv povodně v tomto území byl tedy prokazatelný a změny jsou dobře pozorovatelné. Povodňové rozlivy jsou velmi důležitým faktorem při vývoji nivy a fluviálních jezer, mají však také vliv na celkový ráz krajiny. Dlouhodobé měření fluviálních jezer, jejich vývoj a celkové sledování změn v nivách řek je velmi potřebné. Vede totiž k důležitým poznatkům o působení povodní na krajinu a krajinný ráz.

Do budoucna bych se zaměřil na další práce v tomto území. Na sledování výšek hladin jezer v závislosti na změně výšky hladiny toku, a zda jsou jezera ovlivněna i při vyšších stavech průtoků, které ale nedosáhly takové úrovně, aby se řeka vylila z koryta. Při tomto pozorování bych také odebral vzorky půdy ze dna jezer a zjišťoval, z jakého

materiálu se skládají a jak ovlivňují propustnost podzemní vody. V rámci těchto prací by také bylo mým úkolem zaměřit celou oblast Základny se všemi jezery i s prostorem mezi nimi, aby bylo možné v celé této oblasti pozorovat změny. Posledním souvisejícím úkolem by bylo změření směrů proudění v nivě v době rozlivů, z čehož by bylo možné odhadovat budoucí vývoj fluviálních jezer, daným rozlivem ovlivňovaných.

9 Seznam použité literatury a zdrojů

- ALBRECHT, J. a kol. (2003): Českobudějovicko. In: Mackovič P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 s.
- AMOROS, C. a kol. (1987): A Metod for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. *Regulated Rivers*, 1, č. 1, s. 17-36. In: Prach, K., Pithart, D., Francírková, T. (2003). Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách. Botanický ústav AVČR – Úsek ekologie rostlin Třeboň. Třeboň, s. 37-53.
- ATLAS PODNEBÍ ČESKA. ČHMÚ. 2007, Praha, 255 s.
- BAUEROVA, O. (1977): K poznání zooplanktonu tůní u Brněnských Ivanovic. *Práce z oboru botaniky a zoologie, Klub přírodovědecký v Brně*: 71-83. In: HAVLÍKOVÁ, P. (2011): Srovnávací studie fluviálních jezer středního Polabí, horní Lužnice a horní Svratky. Dizertační práce, PřF UK, Praha, 185 s.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. Kartografie Praha, Praha, 79 s.
- BLAHUŠIAKOVA, A, MATOUŠKOVA, M. (2012): Analýza povodní na hornom toku Hrona v rokoch 1930-2010. *Geografie*, 117, č. 4, s. 415-433.
- BÍLEK, M. (1999): Řeka Lužnice. [online]. [cit. 2014-03-25]. Dostupné z: <http://www.pf.jcu.cz/others/okoli/prir/luznice.htm>
- BRÁZDIL, R. a kol. (2005): Historické a současné povodně v České republice. Masarykova univerzita, Brno, 369 s.
- ČERNÝ, R. (1994): Vegetace makrofyt tůní a slepých ramen nivy řeky Lužnice a její bonifikační význam. Kandidátská disertační práce, Pedagogická fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích, Třeboň, 184 s
- ČURDA, J. (2009): Odtokový režim v pramenné oblasti Vydry se zaměřením na hodnocení povodňových epizod. Magisterská práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 149 s.
- DEMEK, J. (2003): Typy pleistocenních periglaciálních a současných říčních krajín. In: HAVLÍKOVÁ, P. (2011): Srovnávací studie fluviálních jezer středního Polabí horní Lužnice a horní Svratky. Dizertační práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 185 s.

- DOSTÁL, T. a kol (2012): Hydrologické procesy v nivách a jejich význam pro retenci vody. In: ČERNÝ, D. a kol. (eds.), Význam retence vody v říčních nivách, Daphne ČR – Institut aplikované ekologie, s. 69-90.
- FOREL, F. A. (1901): Handbuch der Seenkunde. Allgemeine Limnologie. Stuttgart. In: JANSKÝ, B., ŠOBR, M. a kol. (2003): Jezera České Republiky. Monografie. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 216 s.
- FRIEDL, K. a kol. (1991): Chráněná území v České republice. Informatorium, Praha, 274 s.
- GORDON, D. N. a kol. (1998): Stream Hydrology. An Introduction for Ecologists. 2. Ed. Wiley, 2004. In: HASTÍKOVÁ, P. (2012): Vývoj vybraných fluviálních jezer v nivě Lužnice. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 111 s.
- HASTÍKOVÁ, P. (2009): Fluviální jezera v přírodní rezervaci Horní Lužnice. Bakalářská práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 47 s.
- HASTÍKOVÁ, P. (2012): Vývoj vybraných fluviálních jezer v nivě Lužnice. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 111 s.
- HAVLÍKOVÁ, P. (2011): Srovnávací studie fluviálních jezer středního Polabí, horní Lužnice a horní Svratky. Dizertační práce, PřF UK, Praha, 185 s.
- HUSÁK, Š., KVĚT, J. (2000): Terminologie přirozených a umělých biotopů toků s odhadem počtu stojatých vod v aluviích v ČR. In: Pithart, D. (ed): Ekologie aluviálních tůň a říčních ramen. Sborník příspěvků z konference, Botanický ústav AVČR, Třeboň, s. 16-20.
- HUTCHINSON, E. G. (1957): A Treatise on Limnology. Volume I., Geography, physics and chemistry. John Wiley and sons, inc., New York, 1015 str.
- CHÁBERA, S. (1998): Fyzický zeměpis jižních Čech. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 139 s.
- CHÁBERA, S. (1986): Jižní Čechy. Turistický průvodce ČSSR. Olympia, Praha, 383 s.
- CHÁBERA, S. et al. (1985): Neživá příroda. Jihočeská vlastivěda. Jihočeské nakladatelství České Budějovice, České Budějovice, 270 s.
- JANSKÝ, B., ŠOBR, M. a kol. (2003): Jezera České Republiky. Monografie. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 216 s.

- JUST, T. a kol. (2005): Vodohospodářské revitalizace a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi. Praha, ZO ČSOP – MŽP – AOPK ČR, 359 s.
- KŘÍŽE, M., (2010): Údolní niva jako geomorfologický fenomén. [online]. [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: https://web.natur.cuni.cz/geografie/vzgr/monografie/povodne/povodne_krizek.pdf
- LANGHAMMER, J. a kol. (2007): Povodně a změny v krajině. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK a Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 396 s.
- LAUTNEROVÁ, L. (2010): Analýza povodňových situací v pramenné oblasti Opavy. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 122 s.
- MÁČKA, Z. a kol. (2011): Geomorfologické a vegetační změny opuštěného meandru Moravy v oblasti Osypaných břehů pět let po odškrcení. Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku, 18, č. 2, s. 37-42.
- NETOPIL, R. a kol. (1984): Fyzická geografie I. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 272 s.
- PITHART, D., PECHAR, L. a kol. (2003): Vodní ekosystém v nivě. In: Prach, K., Pithart, D., Francírková, T. (eds). Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách. Botanický ústav AVČR – Úsek ekologie rostlin Třeboň. Třeboň, s. 37-53.
- PITHART, D., SIMON, O. a kol. (2003): Fenomén přirozených rozlivů v nivách řek. In: Prach, K., Pithart, D. a Francírková, T. (eds.), Ekologické funkce a hospodaření v říčních nivách, Botanický ústav AVČR – Úsek ekologie rostlin Třeboň, s. 53-59.
- RAMEŠ, V. (2003): Velká voda na Lužnici. Povodně den po dni 2002. DONA, České Budějovice, 126 s.
- RETTICHOVÁ, Z. (2007): Srážko-odtokové vztahy povodí horní Lužnice. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 62 s.
- SVOBODA, P. (2011): Hydrologický režim horní Lužnice. Diplomová práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 99 s.
- SVOBODA, P. (2008): Hodnocení upravenosti toku horní Lužnice. Bakalářská práce. Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 87 s.
- ŠIMEK, M. (2008): Hydrologická funkce fluvialních jezer v nivě Horní Lužnice. Diplomová práce. Ústav životního prostředí PřF UK, Praha, 129 s.

ŠOBR, M. a kol. (2012): Geneze fluviálních jezer. In: ČERNÝ, D a kol. (eds.), Význam retence vody v říčních nivách, Daphne ČR – Institut aplikované ekologie, s. 27-36.

ŠOBR, M. (2007): Jezera České republiky – fyzicko-geografické a fyzikálně-limnologické poměry. Dizertační práce, Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK, Praha, 235 s.

VÁŇOVÁ, V. (2008): Modelování vlivu změn v krajině na průběh povodní v povodí horní Lužnice. Diplomová práce, PřF UK, Praha, 87 s.

VLASÁK, T. (2007): Povodňové režimy Otavy a Lužnice. In: LANGHAMMER, J. (2007): Změny v krajině a povodňové riziko. Sborník příspěvků seminář Povodně a změny v krajině. PřF UK, Praha, s. 105-113. [online] [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: <http://floodserv.natur.cuni.cz/floodweb/seminar.php>

WETZEL, R. G. (2001): Limnology. Lake and River Ecosystems. Third Edition, Academic Press, Elsevier Science (USA), San Diego, 1006 str.

Internetové zdroje:

AOPK ČR – Agentura ochrany přírody a krajiny české republiky: Správa CHKO Třeboňsko. [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://trebonsko.ochranaprirody.cz/maloplosna-zvlaste-chranena-uzemi/horni-luznice-pr/>

ČHMU – Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 2014-07-06] <http://voda.chmi.cz/pov/index.html>

Jan Ševčík – galerie fotografií. Dostupné z: www.sevcikphoto.com

Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Dostupné z: www.pf.jcu.cz/

Projekt VaV SM/2/57/05 - Dlouhodobé změny poříčních ekosystémů v nivách toků postižených extrémními záplavami. Dostupné z: <http://floodserv.natur.cuni.cz/floodweb/seminar.php>

Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. Dostupné z: <http://www.natur.cuni.cz/fakulta>

PVL – Povodí Vltavy. [online]. [cit. 2014-07-05]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/hydrologicke-informace/zpravy-o-povodni>

Seznam map

Mapa č. 1: Povodí Lužnice

Mapa č. 2: Povodí horní Lužnice v rámci celého povodí Lužnice

Mapa č. 3: Niva Základny v roce 2010

Mapa č. 4: Část nivy Základny v roce 2014

Seznam obrázků

Obr. č. 1: Letecký snímek jezer v PR Horní Lužnice

Obr. č. 2: Vývoj meandru

Obr. č. 3: Příklady vodních objektů v nivách

Obr. č. 4: Názvosloví říčních ramen

Obr. č. 5: Názvosloví základních objektů řek a jejich niv

Obr. č. 6 a 7: Tůň Nová a T1 v oblasti Základna na horní Lužnice

Obr. č. 8: Materiál nanesený prouděním v nivě při rozlivu

Obr. č. 9: Prouděním v nivě za rozlivů nanesený a vytříděný materiál před překážkou

Obr. č. 10: Práce v terénu

Seznam tabulek

Tab. č. 1: Počet rozlivů a délka jejich trvání v nivě Lužnice

Tab. č. 2: Počet a trvání rozlivů do nivy Lužnice

Tab. č. 3: Počet a trvání rozlivů do nivy Lužnice

Tab. č. 4 a 5: Morfometrické charakteristiky sledovaných jezer

Tab. č. 6 a 7: Porovnání morfometrických charakteristik mezi roky 2010 a 2014

Seznam grafů

Graf. č. 1: Chod průměrných denních průtoků na profilu Pilař za období 1965 až 2010

Grafy. č. 2 a 3: Batymetrické křivky tůň T1 a T2

Grafy. č. 4 a 5: Batymetrické křivky tůň Nová a Malá

Seznam příloh

Příloha č. 1: Batymetrická mapa tůň T1

Příloha č. 2 Batymetrická mapa tůň T2

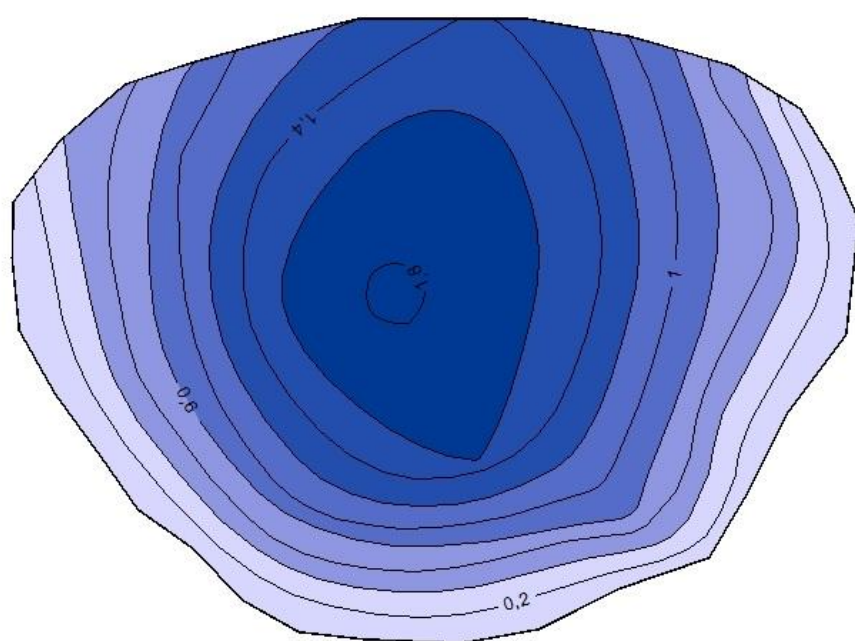
Příloha č. 3 Batymetrická mapa tůň Nová

Příloha č. 4 Batymetrická mapa tůň Malá

Přílohy

Příloha č. 1:

BATYMETRICKÁ MAPA TŮNĚ T1



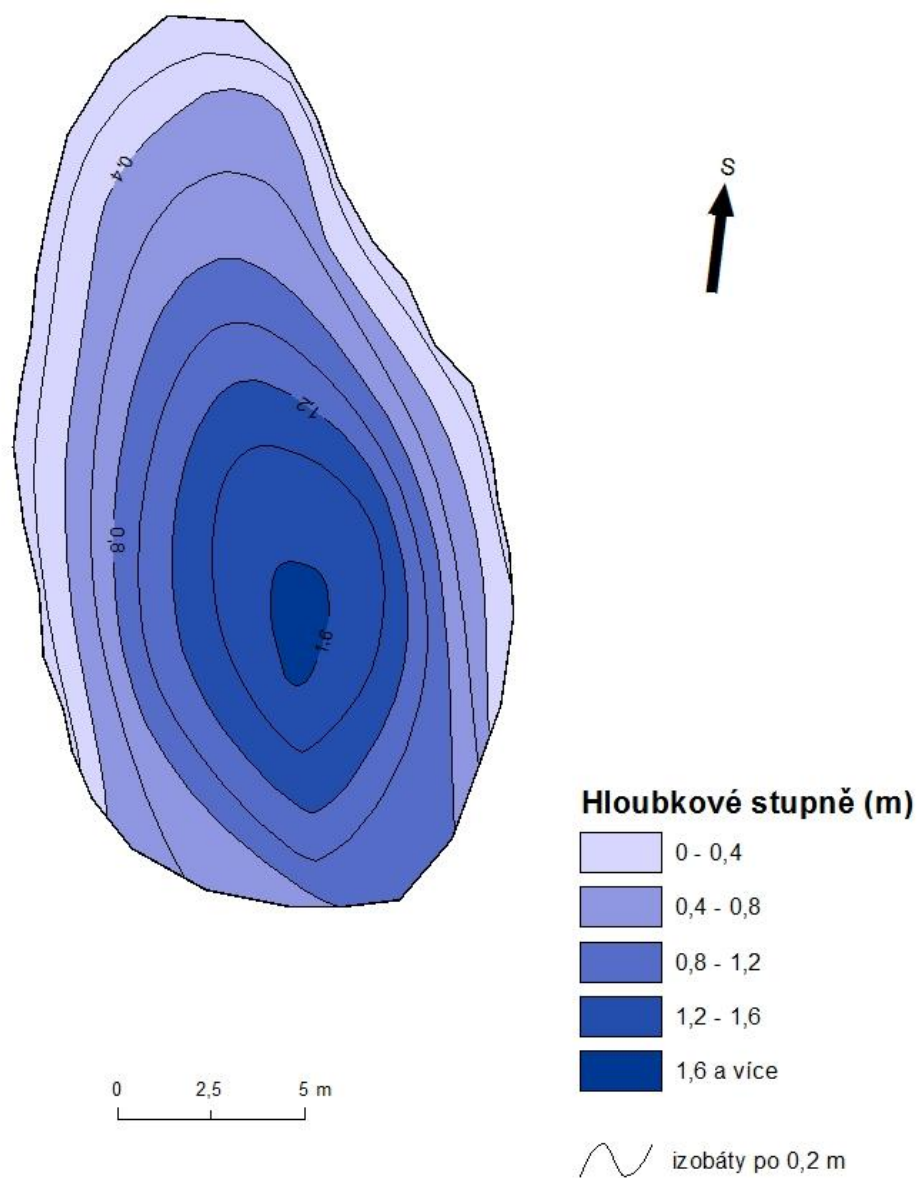
0 2,5 5 m

Hloubkové stupně (m)

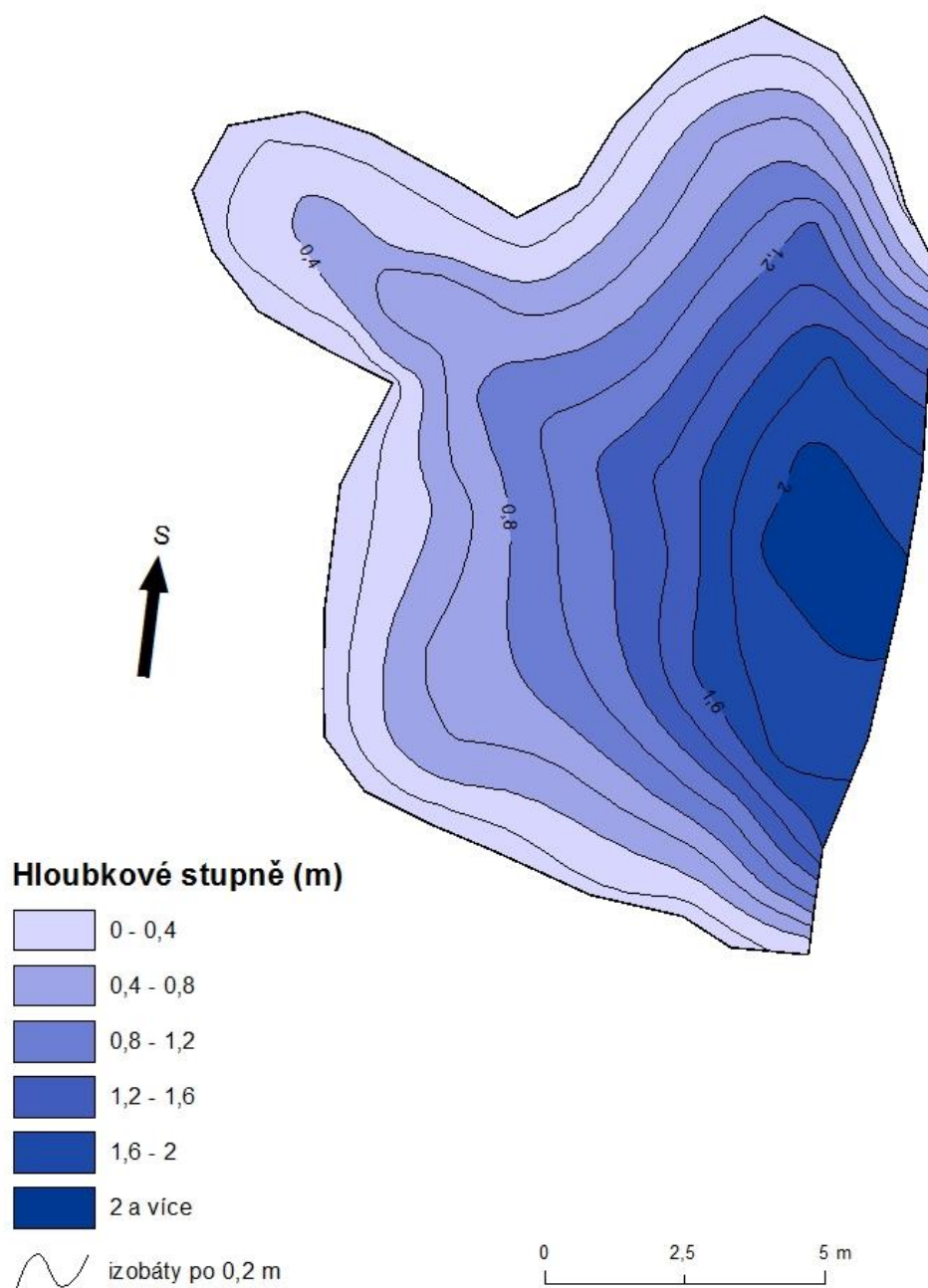
0 - 0,4
0,4 - 0,8
0,8 - 1,2
1,2 - 1,6
1,6 a více

izobáty po 0,2 m

BATYMETRICKÁ MAPA TŮNĚ T2



BATYMETRICKÁ MAPA TŮNĚ NOVÁ



BATYMETRICKÁ MAPA TŮNĚ MALÁ

